12 OCT 1959

香　川　大　学　農　学　部
（香　川　県　立　農　科　大　学）

学　術　報　告

第 9 巻　第 2 号（通巻第25号）

目　次

中　潤三郎
玉　置　秩：甘藷の生理的特性に関する研究
Ⅶ 生育期間中の地上部並びに地下部における炭水化物消長の相互関係について……47
Ⅷ 生育期間中の地上部並びに地下部における窒素化合物消長の相互関係について……54
小　杉　清
住　友　昭　利
片　桐　武　憲：輸出グラジオラスの繁殖に関する研究　Ⅰ　日長がグラジオラスの球茎並びに仔球の形成に及ぼす影響について……59
内　藤　中　人
谷　利　一
岸　常　宣：柿炭疽病菌及びスエヒロタケの2,4-D添加培養による抗菌性物質生成……66
前　川　忠　夫：かんがい用貯水池相に関する研究　堆砂（池泥）の肥効質について……73
吉　良　八　郎：かんがい用貯水池の堆砂に関する研究　Ⅵ　貯水池における密度流について（その2）……79
玉　置　鷹　彦
星　川　玄　児：池泥の研究　Ⅴ　微細土粒の組成……94
川村信一郎
多　田　稔：豆類のデンプンの研究　Ⅲ　アミロースおよびアミロペクチンの分離と定量（1）序説およびヨード呈色度による予備実験……99
檜　崎　丁　市：ソラマメのヘミセルロースB_1加水分解物からの未知糖の分離（予報）（英文）……105
正　誤　表……93, 98, 110

Too old now

1957年　10月
香　川　大　学　農　学　部
香川県木田郡三木町

COMMONWEALTH ... INSTITUTE
29 DEC 1959

香川大学農学部(香川県立農科大学)学術報告

第 9 巻　第 2 号 (通巻第25号)

1 9 5 7 年 1 0 月 発 行

この学術報告は本学部の各研究室の業績を発表するために発行するもので，国内国外の関係諸機関と交換を行う．1年度につき1巻とする．第1巻は「香川県立農業専門学校研究報告」として1949—50年に3号発行された．第2—7巻は「香川県立農科大学学術報告」として年3回ずつ発行された．この度国立移管に伴い誌名を変更し，巻号数は連続させた．第8巻(1956—57)は2号(通巻第22，23号)から成る．交換に関しては香川県木田郡三木町香川大学農学部科学研究委員会あてに照会されたい．

Technical Bulletin of Faculty of Agriculture, Kagawa University (Kagawa Agricultural College)

(Formerly Technical Bulletin of Kagawa Agricultural College)

Vol. 9, No. 2 (Serial No. 25) (October, 1957)

This Technical Bulletin is published by Faculty of Agriculture, Kagawa University (Kagawa Agricultural College) for exchange with publications of the agricultural and other organizations of the world. This Technical Bulletin contains contributions from the laboratories of agronomy, horticulture, agricultural chemistry, and agricultural engineering. Each of the former volumes consists of three numbers, beginning with vol. 1 (1949—50), except vol. 8 (1956—57) which consists of two numbers. Correspondence concerning the exchange of publications should be directed to Editor, Technical Bulletin, Faculty of Agriculture, Kagawa University, Mikityô, Kagawa-ken, Japan.

甘藷の生理的特性に関する研究

Ⅶ　生育期間中の地上部並びに地下部における炭水化物消長の相互関係について

中　潤三郎，玉　置　　秩

Studies on the physiological nature of sweet potato plants. VII On the relations between the variations of carbohydrates in the shoots and roots during the growing period.

Junzaburo NAKA and Kiyoshi TAMAKI (Laboratory of Crop Science)

(Received July 31, 1957)

Ⅰ　緒　　言

甘藷の生育に伴う塊根内貯蔵炭水化物の変化に関しては既に幾らかの報告が見られるが(2,4,5,8,9,11,14)，全作物体を対象として各部位別に代謝の経過を明かにした研究は極めて少い(6,10,13)．

先に中・大森・榑谷(11)は生育期間中における新藷内炭水化物の消長について報告したが，新藷内代謝が作物体の他の部位における変化と密接な関連を有することは論をまたない処である．而して今泉・塩島(6)，森本・守屋・高橋(10)，戸苅・白沢(13)等は全作物体を対象とし，葉身，葉柄，茎，細根，塊根等の各部に分けて，それらの各器官における1株平均炭水化物の分布と生育に伴う変化を報じている．他方相見・西尾(1)は，特に澱粉の形成と蓄積に関して追求するため，葉身，葉柄，茎，塊根等の各部を幾つかの部位に分ち，同一器官の部位別相違につき酵素フォスフォリラーゼを中心とし，アミラーゼその他の諸条件との関係から細胞生理的に興味ある報告を行つている．

よつて筆者等は甘藷の全生育期間を通じ，茎の頂部における炭水化物の消長と地下基部のそれらとを比較検討すると共に，頂部着生葉身並びにその葉柄，更には地下の基部につながる細根及び塊根内代謝とも関連させて追求し，甘藷の生育期間中における地上部と地下部の相互関係についてその一端を窺い得たので報告する．

なお本研究の実施に際し懇篤な指導を賜わり，報文の校閲を忝うした北海道大学田川隆教授に対して深厚なる謝意を表する．

Ⅱ　実験材料及び方法

A　供試材料：実験材料としては「護国藷」を用い，昭和30年6月24日苗床にて育生せるものの先端を採取し，展開葉5枚を附して75cm×30cmの間隔に水平挿を行つた後，常法に従つて栽培した．試料は毎回午前10時に生育中庸なる5個体を掘取り，茎頂部（10節），全着生葉身並びにその葉柄，茎基部（地下5節），細根，塊根の各部に分けて分析に供した．

B　実験方法：還元糖，非還元糖並びに澱粉の含量は前報(12)に準じて分析したが，粗繊維の定量は食品及び飼料に関する一般分析法に拠つた．

Ⅲ　実　験　結　果

前報(11)に準じて全生育期間を8月11日頃までの前期，10月6日頃までの中期，11月18日頃までの後期と区分して記述する．

A　生育状況：先ず前期においては第1図に示す如き気温の上昇に伴い地上部の生育は旺盛で，茎の伸長及び葉数の増加が顕著であると共に（第2図），茎基部の肥大並びに細根重の増大が認められたのみならず（第3図），塊根の形成を見た（第4図）．次いで中期においては地上部の生育は極めて旺盛で，茎の伸長は依然として大であり，葉数は激増の後，若干減少の傾向を示し始めたが（第2図），気温及び地温は未だ可なり高く（第1図），細根重の増加を見ると共に茎の基部並びに塊根の肥大は顕著であつた（第3，4図），更に後期では茎には未だ伸長が認めら

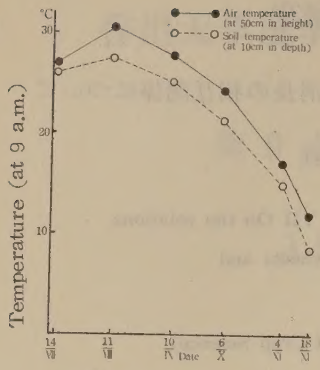


Fig. 1. The variations of air and soil temperature

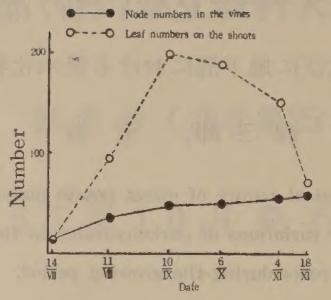


Fig. 2. The variations of node numbers in the vines and leaf numbers on the shoots

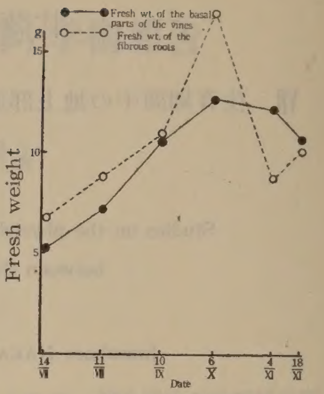


Fig. 3. The variations of fresh weight of the basal parts of the vines and fresh wight of the fibrous roots

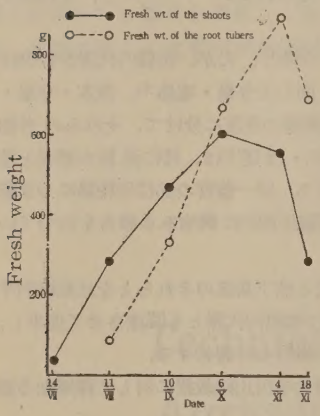


Fig. 4. The variations of fresh weight of the shoots and fresh weight of the root tubers

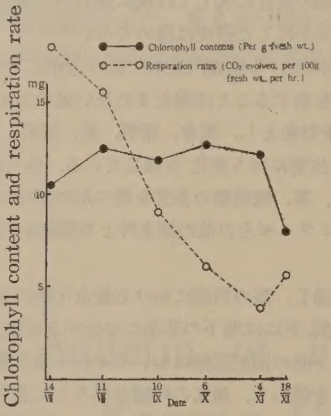


Fig. 5. The variations of chlorophyll contents and respiration rates in the apical parts of the shoots

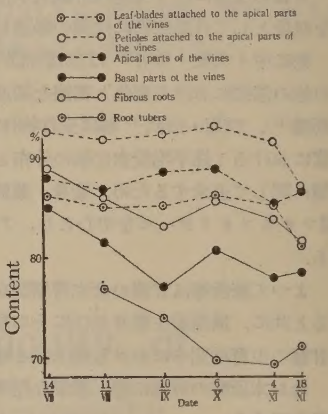


Fig. 6. The variations of moisture contents

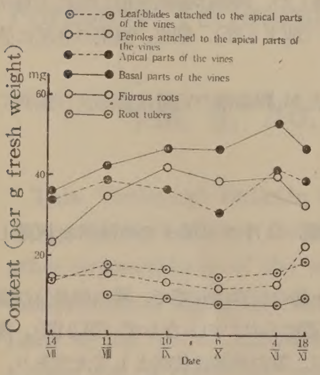


Fig. 7. The variations of crude fiber contents

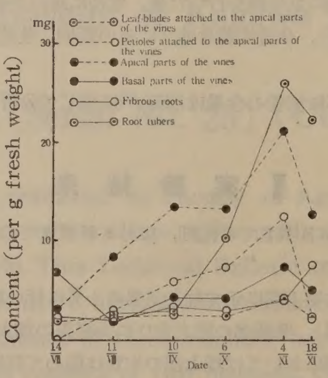


Fig. 8. The variations of reducing sugar contents

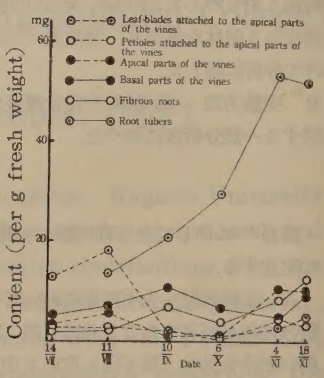


Fig. 9. The variations of non-reducing sugar contents

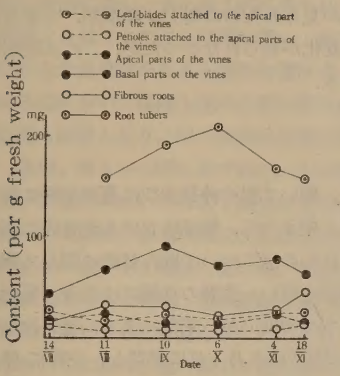


Fig. 10. The variations of starch contents

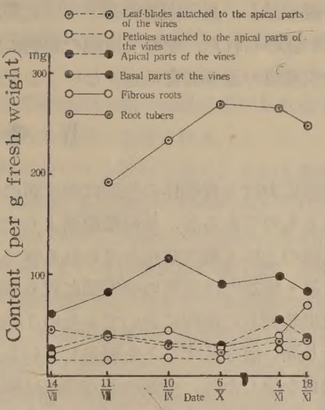


Fig. 11. The variations of total carbohydrate contents

れたが，気温の低下に伴つて地上部の活力は減退し,老葉の脱落が著しく（第1，2図)，従つて葉数には可なりの減少が見られると共に，茎基部，細根並びに塊根の重量には若干の低下が認められた（第3，4図).

B　葉緑素含量並びに呼吸量：第5図に示す如く，頂部葉身の葉緑素含量は初期より相当大なる値を示し，その後は殆ど変化が見られなかつたが，末期において可なり減少した．他方蔓頂部の呼吸量は初期に最高を示したが生育に伴つて漸減し，後期において最低値に達した後若干増加した．

C　水分含量：第6図に示す如く，全期間を通じ頂部葉柄の含量が最大で，これに続いては概して茎頂部，全葉身，細根，茎基部，塊根の順に小となり，しかも地下の各部では生育に伴い漸減の傾向を示したのに対し，茎頂部並びに全葉身，葉柄では顕著な変化が見られなかつたが，他方茎の頂部，基部及び塊根においては末期にやや増加したのに対し，頂部葉身，全葉柄並びに細根においては末期にそれぞれ低下した．

D　粗繊維含量：第7図に見る如く全期間中,茎基部において最大なる傾向を示したが,茎頂部及び細根がこれに続き，頂部葉身並びに全葉柄では可なり低く，塊根は最低の含量に終始した．而して茎基部と細根ではそれぞれ後期及び中期において最高値に達した後，末期に若干低下したのに対し，茎頂部では中期に減少したが，頂部葉身，全葉柄並びに塊根では中期にやや低下した後，末期に若干増加の傾向を示した．

E　還元糖含量：第8図からも明かである如く，還元糖含量は部位別に可なり著しい相違を示すが，就中茎頂部の含量が全期間を通じ著明である．これは同化産物が茎伸長のための構成材料として，この部に一時蓄積されることによるものと考えられる．而して茎頂部に続いては全葉柄，茎基部の順位を示し，且つこれらは生長に伴い漸増の様相を呈したが，ただ生育の末期にそれぞれ低下した．また細根及び頂部葉身の含量は全期間中概して低く，しかも殆ど一定である傾向を示したのに対し，塊根では形成の初期には小なるも肥大に伴つて漸増し，後期には全器官中最大の含量を示したことは注目に値する．後述の非還元糖，澱粉と共に，還元糖は塊根の貯蔵炭水化物の一つとして重要な役割を担うものと考えられる．

F　非還元糖含量：第9図に示す如く，茎頂部，全葉身並びに葉柄では前期に若干高く，中期に一旦低下した後末期に再び高くなるのに対し，茎基部及び細根においては中期まで増加した後，一旦低下して末期に再び大となる様相を呈したが，塊根では肥大に伴つて激増し，量的にも塊根の主要な貯蔵炭水化物の一つと考えられる．

G　澱粉含量：全期間を通じ，塊根内含量が最大であるは当然として，茎基部の含量が他の部位に比して多いことは，澱粉の動きを示すものとして興味がある．更に細根がこれに続くが，澱粉の流入の多少が塊根と細根の分化方向を決定するものと思われる．他方頂部葉身，全葉柄では常に概して少く，しかも含量の変化も僅少である．また茎頂部では比較的少く，且つ中期及び末期にそれぞれ低下することは，茎基部に含量の高いことと相まつて，澱粉の体内移行方向を示すものである（第10図).

H　全炭水化物含量：第11図に示す如く，常に塊根において最大で，茎基部がこれに次ぎ,続いて細根,茎頂部及び全葉身三者間には大差がなく，葉柄の含量は最低であつた．しかも塊根，茎基部，細根等地下の各部は中期にお

いてそれぞれ高い値を示し，且つ細根においては末期に可なり高い値が見られたのに対し，茎頂部，全葉身にはそれぞれ中期に低下が認められた．而して頂部の葉柄においては顕著な変化が見られなかつたが，これは葉柄の生理的役割が単に光合成産物の通導器官に過ぎないことを示すものであろう．

Ⅳ 考 察

元来甘藷の挿苗後における作物体の生育は先ず苗の発根活着に始り，続いて根の伸長並びに蔓の生育に伴つて塊根の形成肥大を見るものであるが，その際根系よりの養，水分の吸収と相まつて，葉部における光合成に基ずく同化産物の転流，蓄積の上にも漸次変化が見られる筈である．而してこれらの点について既に甘藷に関して報告された処を見るに，今泉・塩島[6]は生育の全期間に亘り澱粉価の時期別調査を行い，生育の初期には葉身，葉柄，蔓，地下茎，細根，塊根等何れの部位においてもその１株平均の値が概してやや低いが，末期に至るに従い次第に増加し，それぞれ可なり高い値を示すことを報告している． また戸苅・白沢[13]は６月１日に挿苗し，生育に伴う１株平均体内成分の消長を検した処，全糖の含有率には極大が見られないが，葉身，葉柄，茎において７月21日，また塊根において８月20日極小があらわれ，澱粉の含有率は塊根において著しく大で，生育に伴い増加し８月30日以降やや低下するが，しかし全糖同様に極大が見られないと述べている．またヘミセルローズの含有率は細根と葉身に多く，塊根においては著しく少く，更にセルローズの含有率は茎が全般的に大で葉柄，細根では生育の経過と共に増加し，塊根では最も低いことを報告している．更に森本・守屋・高橋[10] によれば１株平均として見る時，生育の中期においては特に葉及び茎の粗脂肪と茎及び地中茎内可溶無窒素物の減少のみならず葉，茎並びに地中茎の粗繊維の増加を認めると共に，後期では葉，茎における粗脂肪並びに可溶無窒素物の漸減と粗繊維の増加を報じている．他方馬場・島林[3]が頂部の15〜20葉における澱粉分解酵素の生育時期別変化を追求した処によれば，生育の初期にはその活性度は概して高いが，中期から後期に亘つて一旦低下した後，再び可なり高くなることを認めている．また岩沢[7]は一定葉面積当りの炭素同化作用を検し，初期にはその程度が弱いが，生育に伴つて増加した後，末期には相当低下することを発表している．

いま本実験の成績について論ずるに当り，前記の如く３期に大別することとする．

A 前期：第６〜10図に示す如く，地下の各部における水分含量には可なり著しい減少が見られると共に，茎基部及び細根の粗繊維含量に増加の傾向が認められた．また茎頂部においては還元糖の含量が概して高く，同時に該部葉身における非還元糖にもやや高い値が見られたが，これは生育に備えて同化産物が新細胞，組織の構成材料として，この部に蓄積されているものと解される．他方茎の基部においては澱粉の含量が可なり大であると共に，塊根においても澱粉のみならず非還元糖の蓄積を認め始めた．而して前報[11]によれば本期における塊根は髄部，皮層部共に還元糖及び非還元糖は可なり存在するが，主貯蔵物質たる澱粉の含量は概して少く，水分含量は大である．

即ち上述の諸点は第５図に示す如く，頂部葉身の葉緑素含量が増加の傾向を呈し且つ可なり高いこと，或は蔓の頂部呼吸量が極めて大であること等より見ても首肯される処であるが，また前報[11]に報告せる如く，生育初期の塊根は極めて旺盛な呼吸を営んでいる事実は，挿苗の発根活着に引続き，地上部の生育が旺盛化すると共に，地下部においても根の発育及び塊根の形成に伴う同化産物の転流並びに蓄積が活溌に行われ始めていることを示すものと解される．

B 中期：水分含量は茎頂部，全葉身及び葉柄では大なる変化が見られないのに対し，茎基部並びに細根では引続き減少の後，多少の増加を示したが，塊根では漸減の傾向を続けた．而して粗繊維の含量は茎頂部，全葉身及び葉柄，更には塊根でも漸減の様相を呈したが，これらの部位は本期においても旺盛に生育するため，このような相対的減退を示すものと考えられる．これに反し茎の基部及び細根では可なり高い粗繊維含量を有していたことは興味深い処である．また茎頂部並びに全葉柄の還元糖に増加が見られるに対し，茎頂部の非還元糖並びに澱粉含量には低下が認められたが，前者は生長のための待機的蓄積であり，後者は塊根への蓄積のための移動と解される．他方茎の基部及び細根においては非還元糖，澱粉の蓄積を見るのみでなく，塊根においても還元糖，非還元糖並びに澱粉の蓄積を認めたことは，塊根が漸く本期より主要貯蔵器官としての役割を持ち，炭水化物の蓄積が本格化したことを示すものである（第６〜10図参照）．

而して上記の諸点は本実験における他の成績とも関連するものであるが，第４図にも見る如く，本期において地

上部重が最高に達し，また第5図に見られる如く，頂部葉身の葉緑素含量が可なり大であるとと共に，蔓頂部の呼吸が前期より低下したことは興味深い．他方塊根においては前報[11]によれば髄部，皮層部を通じ還元糖，非還元糖並びに水分含量は小なるも澱粉含量は大であつた．

即ち本期においては地上部の生育が最上点に達し，同化生産物は地上部の生長に用いられると共に，地下部への物質転流も旺盛となり，以て塊根は顕著な肥大を示す時期に入るものと思考される．

C　後期：第6〜10図に示す如く，水分含量は何れの部位においても可なり低く，しかも末期では頂部葉身，全葉柄並びに細根においては若干減少が見られるに反し，茎の頂部，基部並びに塊根においてはやや増加が認められた．而して粗繊維の含量は茎及び細根においては可なり大であつたが，末期にやや減少したのに対し，頂部葉身，全葉柄並びに塊根では相当に低いが，末期には若干の増加を示した．また茎頂部の還元糖，非還元糖含量に概して高い値が見られると共に，頂部葉柄の還元糖も可なり高い含量に達した．なおまた茎基部の非還元糖並びに澱粉含量が中期に比しやや低い値を示したのに対し，細根の還元糖，非還元糖並びに澱粉含量に増加を認めたが，同時に塊根においては澱粉含量の低下と還元糖及び非還元糖に相当大なる値が見られた点等は誠に興趣深い処である．

而して第5図の如く，頂部葉身の葉緑素含量にには末期に可なりの減少が見られると共に，蔓頂部の呼吸量は最低値に達した後，若干増加する傾向を示した．他方塊根においては前報[11]に述べた如く，その呼吸は微弱でありしかも澱粉含量の低下と水分含量の増大を認めると共に，非還元糖の増加を見たこと等は，上記の諸点と共に本実験の成績に対して示唆する処が多い．

而して全期間を通じて見るに，以上の如き諸点は前記相見・西尾[1]の成績と対照する時極めて興味深いものがある．即ち仝氏等によれば，アミラーゼの甘藷体内分布の態勢は茎の先端部，中央部では強く，基部，地中茎部，塊根部は極めて弱く，しかもこの傾向は還元糖の分布と略々一致している．これに反し，フオスフオリラーゼの傾向はアミラーゼの傾向とは大体逆で，先端に強く，中央部は弱く，基部，塊根部においては強くなり，澱粉蓄積の傾向と略々一致している．それ故概略的に見て体内では茎より根に至るに従いアミラーゼ/フオスフオリラーゼの活性比は小さくなる傾向を持ち，従つて根部においては糖欠乏的であり，茎部は糖過剰的傾向があつて，このような成分上の傾斜は当然糖の茎部から根部への転流を促進し，根部における澱粉の形成を促す結果を招来するものと解している．事実本実験における茎の頂部及び基部の炭水化物含量は葉身，葉柄或は細根，塊根等それぞれの着生部位における成績との関連より見ても，上記の報告とその傾向が類似し，略々同様な推察を下し得るものと考えられる．しかも戸苅・白沢[12]によれば，葉身の1株平均澱粉含有率は7月11日以降殆ど一定であるので，他の作物の如く同化澱粉は一時地上部に蓄積されることなしに，直に塊根に移行する如く推察されているが，この点もまた本実験の成績より見ても略々同様に考察される．更に前述せる粗繊維の含量より見るも，塊根では全炭水化物の変化と相反する経過を辿つたのに対し，その他の部位においては大略類似の傾向にて増減したことは，同化産物の蓄積と関連して理解される処が多く，上記の諸点と共に甘藷における生理的特性の一端を示唆するものと解される．

V　摘　　　要

本研究においては甘藷の「護国藷」を供試材料とし，全生育期間を通じて茎の頂部（10節）における炭水化物の消長と，地下基部（5節）のそれらとを比較検討すると共に，頂部着生葉身並びにその葉柄，更には地下の基部につながる細根及び塊根内代謝とも関連させて考究せんとした．いま実験結果の概要を示すと次の如くである．

1．生育の前期では茎の頂部において還元糖含量が概して高く，同時に頂部葉身における非還元糖にもやや高い値が見られたが，茎の基部では澱粉の含量が可なり大であると共に，塊根においても澱粉のみならず非還元糖の蓄積を認め始めた．

2．中期においては茎頂部並びに全葉柄の還元糖に増加が見られるに反し，茎頂部の非還元糖並びに澱粉含量に低下が認められたが，他方茎の基部及び細根においては非還元糖，澱粉の蓄積を見るのみでなく，塊根においても還元糖，非還元糖並びに澱粉の蓄積を認めた．即ち地上部より地下部への炭水化物の転流が本期より明確に認められる．

3．後期には茎頂部の還元糖，非還元糖含量に概して高い値が見られると共に，頂部葉柄の還元糖にも可なり高い含量が認められた．また茎基部の非還元糖並びに澱粉含量は中期に比しやや低い値を示したのに対し，細根の還元糖，非還元糖並びに澱粉含量に増加を認めたが，同時に塊根においては澱粉含量の低下と還元糖及び非還元糖に

相当大なる値が見られた．而してこれらの点は，本期において塊根の炭水化物蓄積が略々飽和度に達したことを示す．

4．生育期間を通じ全炭水化物の含量は塊根において最大で，茎基部がこれに次ぎ，続いて細根，茎頂部及び全葉身三者間には大差がなく，頂部葉柄の含量は最低であつた．しかも塊根，茎基部，細根等地下の各部は中期においてそれぞれ高い値を示し，且つ細根では末期に可なり大なる値が見られたのに対して，茎頂部，全葉身にはそれぞれ中期に低下が認められたが，頂部葉柄においては顕著な変化が見られなかつた．

（本研究の要旨は昭和31年4月8日，日本作物学会第111回講演会において発表した）．

引用文献

（1） 相見霊三，西尾隆雄：甘藷における澱粉の形成と蓄積に関する細胞生理的研究，日作紀，**24**（3），201―206（1956）．

（2） Anderson ,W.S.: The progressive storage of starch in roots of the Triumph sweetpotato during the growing season. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **35**,713-716（1937）．

（3） 馬場明，島林幸英：緑葉中における同化澱粉の分解機構（第3報），甘藷葉に於ける澱粉分解酵素活性度の変化，農化，**26**（11），561―564（1952）．

（4） Hasselbring, H.: Behavior of sweet potatoes in the ground. *Jour. Agr. Res.*, **12**（1），9―17（1918）．

（5） 池宮正行，山田潤：甘藷の生化学的研究（第1報），生育期間中の諸変化，醗酵工学，**28**（7），265―267（1950）．

（6） 今泉吉郎，塩島角次郎：甘藷の生育並に養分吸収利用に関する時期別調査研究，静岡農試創立50周年記念論文集，49―70（1950）．

（7） 岩沢正美：甘藷の炭素同化作用と収量に関する研究，〔第1報〕甘藷品種の炭素同化作用の比較，農及園，**22**（6），311―312（1947）．

（8） 鎌谷栄次：甘藷の生理的特性と肥培管理〔1〕，農及園，**20**（9），373―376（1945）．

（9） Kimbrough, W. D.: Starch in freshly dug sweet potatoes estimated from moisture content. *Proc.Amer. Soc. Hort. Sci.*, **37**,846―848（1939）．

（10） 森本宏，守屋直助，高橋正也：甘藷の生育時における養分の分布について，農技研報告，G, No. 6，151―157（1953）．

（11） 中潤三郎，大森浩，樽谷勝：甘藷の生理的特性に関する研究（第1報），生育期間中における新藷内貯蔵炭水化物の消長について，日作紀，**21**(1～2)，145―146（1952）．

（12） ――――，玉置秩：――――，Ⅵ 育苗期間中における蔓内成分の消長について，香川農大学術報告，**7**（2），180―185（1956）．

（13） 戸苅義次，白沢義信：甘藷の生育に伴う体内成分の消長，日作紀，**24**（2），99―102（1955）．

（14） 冨田絹子：発芽，生育，貯蔵における甘藷成分の変化（第2報），生育時の成分変化，醗酵工学，**28**（11），437―440（1950）．

Résumé

In the present paper are described the relations between the variations of carbohydrate contents at the apical and basal parts of the vines of sweet potatoes during the growing period. Moreover, the relations between the behaviors of carbohydrate contents in the leaf-blades and petioles attached to the apical parts of the vines, in the fibrous roots and in the root tubers attached to the basal parts of the vines, were also traced. Sweet potato of the variety "Gokokuimo" was used as material. The principal results obtained were as follows:

1. At the early stage of growth, the reducing sugar and starch contents in the apical parts of the vines, together with the non-reducing sugar contents in the leaf-blades attached to them, were generally high. At the same time the starch contents in the basal parts of the vines were also considerably high and the accumulations of starch and non-reducing sugar in the root tubers were also recognized at this early stage of growth.

2. Being accompanied with the vigorous growth of the vines at the middle stage of growth, the in-

creases of reducing sugar contents were resulted in the apical parts of the vines and in the petioles attached to them, while the decreases of non-reducing sugar and starch contents in the apical parts of the vines were also recognized. At the same time, the accumulations of non-reducing sugar and starch in the basal parts of the vines and in the fibrous roots, as well as the accumulations of reducing, non-reducing sugars and starch in the root tubers, were ascertained. The middle stage of growth may be assumed as the turning point of the direction of the translocation of assimilates from the tops to the basal parts of the vines.

3. With the termination of growing season, the contents of reducing and non-reducing sugars in the apical parts of the vines showed rather high, together with the considerable high contents of reducing sugar in the petioles attached to the apical parts of the vines. Besides the comparatively low contents of non-reducing sugar and starch in the basal parts of the vines were recognized at the middle stage, while the increases of reducing, non-reducing sugars and starch contents in the fibrous roots, as well as the decreases of starch and the considerable high contents of reducing and non-reducing sugars in the root tubers were ascertained at this stage.

4. Throughout an entire growing period, the total amounts of carbohydrates were most abundant in the root tubers, following in order are the basal parts of the vines, then the fibrous roots, the apical parts of the vines, the leaf-blades, and finally the petioles. Moreover, the total amounts of carbohydrates in the root tubers, the basal parts of the vines and the fibrous roots showed high values at the middle stage of growing period, while those in the apical parts of the vines and the leaf-blades attached to them decreased at the same stage of growing period. At the final stage of growing period, a considerable high amount of total carbohydrate was recognized in the fibrous roots, but in the petioles attached to the apical parts of the vines no remarkable changes were ascertained throughout the whole stages of growth.

甘藷の生理的特性に関する研究

Ⅷ 生育期間中の地上部並びに地下部における窒素化合物消長の相互関係について

中 潤三郎，玉 置 秩

Studies on the physiological nature of sweet potato plants. VIII On the relations between the variations of nitrogen compounds in the shoots and roots during the growing period.

Junzaburo NAKA and Kiyoshi TAMAKI (Laboratory of Crop Science)

(Received July 31, 1957)

Ⅰ 緒 言

前報[8]においては甘藷の全生育期間を通じ，茎の頂部における炭水化物の消長と，地下基部のそれらとを比較検討すると共に，頂部着生葉身並びにその葉柄，更には地下の基部につながる細根及び塊根内代謝とも関連させて報告した．

他方生育期間中における新藷内窒素化合物含量の消長については既に発表したが[6]，新藷内窒素量が作物体の他の部位における含量と相伴つた変化を示すことは鎌谷[3]，LEONARD and ANDERSON[4]，今泉・塩島[1]，森本・守屋・高橋[5]，岩井・畑佐・池ヶ谷[2]，戸苅・白沢[9]等により報告されている．而して特にLEONARD and ANDERSON[4]は頂部より5枚の展開葉を10本の蔓から合計50枚宛約24日毎に5回採取し，葉身の総窒素並びに硝酸態窒素の含量と他の部位のそれとの間には有意性の高い相関が見られたことを報じている．

よつて筆者等は前報[8]に準じて，生育期間中における地上部のみならず，地下部の窒素化合物含量の変化を検し，それらの相互関係について二三の結果を得たので報告する．

なお本研究に対しては北海道大学田川隆教授より懇切な指導を賜わり，且つ報文の検閲を戴いた．ここに謹んで感謝の意を表する．

Ⅱ 実験材料及び方法

A 供試材料：実験材料並びに育生，試料の採取等は前報[8]と同様である．

B 実験方法：窒素化合物の分析は前報[7]に準じて行つたが，粗灰分の定量は食品及び飼料に関する一般分析法に拠つた．

Ⅲ 実 験 結 果

本報告においても前報[6]に準じて，全生育期間を8月11日頃までの前期，10月6日頃までの中期，11月18日頃までの後期と区分する．

A 生育状況：前報[8]を参照．

B 蛋白態窒素含量：第1図に見る如く，全期間を通じ頂部葉身の含量は常に著しく高かつた．他の部位はこれに比し含量が極めて低いが，順序的には細根がこれに次ぎ，更に茎頂部並びに基部，頂部葉柄，塊根の順に低い含量を示した．而して茎の基部及び細根においては中期にやや高い値が見られるに反し，茎頂部，全葉身，葉柄並びに塊根においてはその含量に低下が認められた．

C 可溶態窒素含量：全期間中，頂部葉柄において最大の含量が見られ，続いて全葉身，茎の頂部並びに基部，塊根，細根の順に含量の低下が見られた．而して細根では生育に伴いやや増加したが，その他の部位では中期に低下が認められた（第2図）．

D 総窒素含量：第3図に示す如く，常に頂部葉身に最大含量が見られ，全葉柄がこれに次ぎ，続いて茎の頂部，

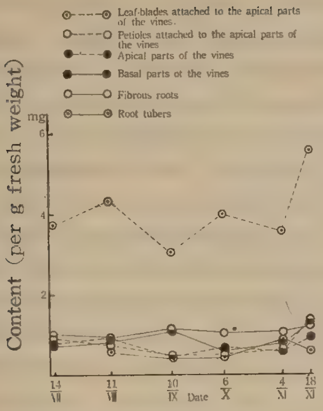


Fig. 1. The variations of protein-N contents

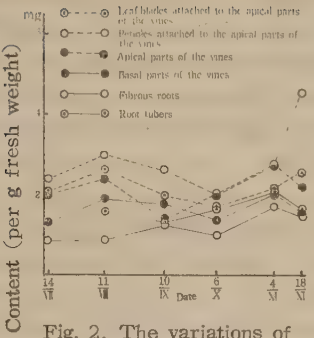


Fig. 2. The variations of soluble-N contents

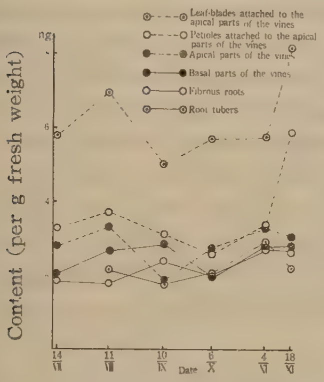


Fig 3. The variations of total-N contents

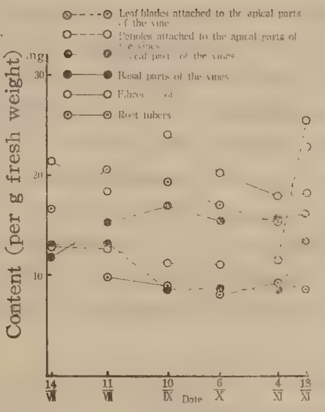


Fig. 4. The variations of crude ash contents

基部の順に含量の低下を示すが，細根と塊根は最低で両者の間に顕著な差異が認められなかつた．而して殆どすべての部位において中期に若干の減少が見られたことは注目に値する．

E　粗灰分含量：第4図に見られる如く，生育全期を通じ細根，頂部葉身並びに茎の基部に比較的高い含量が認められるに対し，茎頂部，全葉柄及び塊根では低い．而して興味あることは地上の各部において何れも前期に高く，中期に一時減退した後，末期に激増する傾向を示したが，これは生長度と逆比関係あるものの如く，ここに見る含量の消長は，生長度に対する相対的濃度の変化と解され，殊に末期に見る含量の激増は生長の低下に基ずく相対的増加と考えられる．以上に対比して地下の各部で概して中期に大なる含量が認められたことは，中期では地上部の方が地下部よりも生長度が旺盛なることを示すものであろう．同様な関係は可溶態窒素及び総窒素含量の場合にも見られる．

Ⅳ 考　　察

甘藷の生育に伴う各部位窒素含量の変化について従来発表された処を見るに，先ず鎌谷[3]が5月25日に挿苗して調査した報告によれば，1株平均含有率は地上部において生育初期に高く，後期に至るに従つて減少したが，8月24日までの減少著しく，それ以後は比較的減少度が小さかつたと記している．また茎と葉とを比較すると葉の濃度高く，凡そ茎の2.5倍から3倍位の含有率を示したが，更に地下部の含有率は茎葉に比し最も低く，生育当初より8

月3日まで漸減し，それ以降殆ど大差がなかつたと述べ，9月下旬以降は地上部の窒素は一部地下部に移行するものと論じている．次に今泉・塩島[1]によれば，各部位における窒素含有率は初期最も高く，後漸減し，10月1日以降は大差が認められず，且つ地上部においては葉身最も含有率高く，葉柄と蔓とでは大差なく，地下茎は蔓よりも殆ど常に優り，細根は初期においては地下茎よりも優つているが，後期には大差が認められなかつたと報告している．また岩井・畑佐・池ヶ谷[2]は葉，茎，塊根の1株平均全窒素について検し，その含有量は葉に最も多く，次いで茎，塊根の順となるが，他方生育時期別に見れば各部位とも初期に含有量が多く，間もなく急激に低下し以後徐々に減少を示すことを報じている．更に戸苅・白沢[9]によれば，地上部の各器官の1株平均窒素含有率は，挿苗後活着のため一時減少を示すが，以後漸増し7月中旬極大を示すこと，また1株当り窒素含有量より見ても葉身において8月20日，葉柄で8月30日，茎では9月9日に極大を示し，以後漸減の傾向を辿るが，塊根の窒素量は葉身の窒素量が減少する8月20日以降においてもなお増加することより，生育と共に各器官に一旦貯えられた窒素の一部は塊根へ移行するものと解している．なおまた森本・守屋・高橋[5]は生育の中期以降における1株平均粗蛋白質並びに純蛋白質含量について追求し，その値は葉が最も多く，地下部がこれに次ぎ，茎は少く，且つ各部位共に生育に伴い漸減することを報告している．

いま本実験の成績について考察するに際し，前記の如く3期に区分して記述することとする．

A　前期：第1図の如く蛋白態窒素が他の部位に比し，より活溌な蛋白合成の座とも見られる頂部葉身において特に大であつたのは，当然のことと思われる．次いで蛋白合成の材料或は移動形窒素と考えられる可溶態窒素が，第2図に見る如く茎頂部及び全葉身，葉柄において可なり高い含量を有するのに対し，地下の各部で比較的低い値を示したことは，頂部が生長上しめる役割の重要さを物語るものであろう．かくて第3図に示す如く，総窒素の含量より見れば頂部葉身が最大で，これに続いては全葉柄，茎頂部，全基部，塊根，細根の順に小であり，茎頂部並びに全葉身，葉柄では地下の各部に優つていたが，特に頂部葉身の含量が極めて高いことは注目に値する．

而してこれらの点は甘藷苗の活着に引続く蔓の伸長と塊根形成の初期における養分移行の一端を示唆するものであろうが，このことは更に粗灰分含量の上にも認められる．即ち粗灰分は茎の頂部では概して低い含量を示すのに対し，基部では可なり高かつたが，頂部葉身及び細根にては相当に大であるに反し，葉柄では小であると共に，塊根においては最低値が認められた（第4図参照）．また前報[6]によれば，本期特にその初期における塊根は髄部，皮層部を通じ可なりの蛋白態窒素並びに多量の可溶態窒素が含有されるが，本期の終頃まではそれぞれ減少の様相を呈した．

即ち本期においては地上部の生育は相当旺盛であり，根より吸収された窒素は，葉内で合成される炭水化物と共に，主として地上部の生長に用いられるため，上述の如き傾向を示すものと解される．

B　中期：茎頂部，全葉身，葉柄並びに塊根における蛋白態窒素にそれぞれ若干の減少が見られたのに反し，茎基部の含量にはやや増加が認められたが，可溶態窒素は殆どすべての部位において小なる含量を示した．従つて総窒素の含量より見るも，殆どすべての部位において全期間中の最低値が認められた（第1〜3図参照）．

而してこれらの事実は，本期が前期に比し諸生理的活動が活溌化の過程にあり，旺盛な生長をなすために新器官の新生に伴い，相対的に見かけ上の含量の低下を示すものと解される．この点は更に粗灰分含量の上にも認められる．即ち第4図に示す如く，粗灰分は茎の頂部では本期間中減少が顕著であると共に，頂部葉身並びに全葉柄においても漸減の傾向を示したが，その値は葉身の方が葉柄より可なり高かつた．また細根では前期よりも若干高く，且つ塊根に比して遙かに優つていた．このことは本期間，地上部の生長が地下部のそれに比し優ることを示すと思われる．他方前報[6]によれば，塊根においては髄部，皮層部を通じ，蛋白態窒素は多少の増減を示しながらも全体として増加の様相を呈すると共に，可溶態窒素も肥大に伴い僅かな増加を示すことが明かにされている．

従つて本期間においては地上部の生育が活溌化するに伴い，根系の吸収に由来する無機窒素は葉内で合成される炭水化物と共に，有機可溶性物質となつて大部分地上部の生長に用いられると同時に，一部は塊根へ移動し来るものと思われる．

C　後期：第1〜3図に示す如く，各部位とも蛋白態窒素に増加の傾向を認めると共に，可溶態窒素にもそれぞれ高い値が見られたが，特に頂部の葉身及び葉柄における含量は可なり大となつた．従つて総窒素の含量より見るも各部位共に可なり大であつたが，特に頂部の葉身並びに葉柄においては極めて大であつた．

而してこれらの変化は地上部の活力減退，生長停止に伴い，作物体が漸次枯凋に向う変化と見られるが，更に粗

灰分の含量を検すると，茎の頂部では依然として基部に劣りつつも特に末期における増加が著しく，且つ葉身，葉柄共に激増して同様な傾向を示したのに対し，地下部においては細根の含量に中期よりも低い値が見られた外は，著しい変動を認めなかつた（第4図参照）．また前報[6]によれば，塊根においては髄部，皮層部を通じ蛋白態窒素は引続き増加の傾向を示すが，他方可溶態窒素にも多少の増加が見られた．

即ち本期においては作物体の生長停止と相まつて，殆どすべての部位における蛋白態窒素の増加のみならず，一部可溶態窒素の増減が見られたものと思考する．

而して以上の如き諸点は既述せる報告[1～3,5,9]とも符合する点が多いが，就中岩井・畑佐・池ケ谷[2]によれば葉中の窒素含量が塊根の形成並びに肥大と関連する処大なることを認めると共に，他の無機成分も一般に初期に多く生育の進むにつれて減少することを報じている．また森本・守屋・高橋[3]は各部位成分の変化にについて考察し，甘藷の葉における窒素同化作用は他の緑色植物に比して決して能力の高いものでなく，従つて生長が末期に近づくにつれて茎と共に葉の蛋白質が減少する事実になつて現れるものと解している．更に戸苅・白沢[9]によれば，甘藷における含有窒素消長の特徴は葉において最も著しいことを認め，1株当り含有量についてその極大値と収穫期の値との差を塊根への移行量と見做す場合には，その量は葉身において最大，次に葉柄，茎の順であり，三者の合計として見る時には塊根内窒素の約50%は地上部主として葉身に一旦貯えられた後，塊根に送られるものと解している．他方Leonard and Anderson[4]は既述せる如く葉身の無機成分と他の部位のそれとの間には高度の相関があり，一般に葉身と茎におけるよりも葉身と葉柄における含量間の方に高い相関が認められ，且つ葉身と塊根の間における無機成分の相関は総窒素，硝酸態窒素，燐酸及び加里については比較的高いのに対し，石灰或は苦土含有率の間には低いものしか見られないことを報告している．而してこの事実は上述の諸点と共に，甘藷の地上部と地下部における窒素代謝の相互関係につきその一端を示唆するものとして誠に興味深く，本実験の成績に対する考察と関連する処極めて大なることが窺われる．

V　摘　　要

本研究は甘藷の生育期間中における体内窒素化合物の消長について考究するため，「護国藷」を実験材料として茎の頂部（10節）における含量の変化と地下基部（5節）のそれらとを対比すると共に，頂部着生葉身及びその葉柄，更には地下の基部につながる細根並びに塊根における変化とも関連させて追求したものであるが，結果の大要を列記すれば次の如くである．

1．生育の前期では蛋白態窒素が頂部の葉身において特に大であつたが，可溶態窒素は茎頂部並びにその葉身，葉柄において可なり高い含量を有するのに対し，地下の各部では比較的低い値を示した．

2．中期には茎頂部，全葉身，葉柄並びに塊根における蛋白態窒素にそれぞれ若干の減少が見られた．これに反し茎基部の蛋白態窒素含量にはやや増加が認められたが，可溶態窒素は殆どすべての部位を通じ本期間中その含量は少い．

3．後期においては各部位を通じ蛋白態窒素に増加の傾向を認めると共に，可溶態窒素にもそれぞれ高い値が見られたが，特に頂部の葉身及び葉柄における含量は可なり大となつたが，これは生長停止に伴う相対的含量の増加と考えられる．

4．生育期間を通じ総窒素量としては頂部の葉身が最大で，全葉柄がこれに次ぎ，続いて茎の頂部，基部の順に小なる値を示すが，細根と塊根は最低で両者の間には顕著な差異が見られなかつた．而して殆どすべての部位においてその含量が前期と後期に高く，中期に低くなる傾向が認められたことは，中期における栄養生長が旺盛で，これら窒素が新細胞組織の構成に用いられることによると思われる．

（本研究の要旨は昭和31年4月8日，日本作物学会第111回講演会において発表した）．

引　用　文　献

（1）今泉吉郎，塩島角次郎：甘藷の生育並に養分吸収利用に関する時期別調査研究，静岡農試創立50周年記念論文集，49－70（1950）．

（2）岩井巖，畑佐邦男，池ケ谷賢次郎：施用窒素量甘藷の生育並びに無機成分の含有量に及ぼす影響，岐阜大農研究報告，No.2，113－119（1953）．

（3）鎌谷栄次：甘藷の生理的特性と肥培管理〔1〕，農及園，20（9），373－376（1945）．

（4） LEONARD, O. L., ANDERSON, W. S. : Some problem in sampling the sweetpotato plant. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **50**, 299—301(1947).

（5） 森本宏，守屋直助，高橋正也：甘藷の生育時における養分の分布について，農技研報告，G，No.6，151—157（1953).

（6） 中潤三郎，大森浩：甘藷の生理的特性に関する研究，（第3報）生育期間中における新藷内窒素化合物の消長について，日作紀，**22**（1〜2），107—108（1953).

（7） ———，玉置秩：———————，
Ⅵ 育苗期間中における蔓内成分の消長について，香川農大学術報告，**7**(2)，180—185（1956）.

（8） ———，———：———————，
Ⅶ 生育期間中の地上部並びに地下部における炭水化物消長の相互関係について，香川大農学術報告，**9**(2)，47—53（1957).

（9） 戸苅義次，白沢義信：甘藷の生育に伴う体内成分の消長，日作紀，**24**(2)，99〜102（1955）.

Résumé

In the present investigation in extending the work on nitrogen metabolism of sweet potato plants, particular attention was given to the studies on the variations of nitrogen compounds both at the apical and basal parts of the vines. To do this together the fluctuatons of nitrogen contents in the leaf-blades and petioles attached to the apical parts of the vines, and in the fibrous roots and root tubers attached to the basal parts of the vines were traced throughout an entire growing period. The variety "Gokoku-imo" was used as material. The experimental results obtained were as follows:

1. At the early stage of growth, the protein-N contents in the leaf-blades attached to the apical parts of the vines were strikingly abundant as compared to those in the other parts of the plants. The soluble-N contents in the apical parts of the vines, the leaf-blades and petioles attached to them were considerably high, but those in the parts of under ground were comparatively low.

2. Being accompanied with the vigorous growth of the vines in the middle stage of growth, the protein-N contents in the apical parts of the vines, leaf-blades, petioles and root tubers decreased slightly, but in the basal parts of the vines they increased a little. While the soluble-N contents in almost of all of the parts of the plants were low, showing the similar levels of the soluble-N contents.

3. With the termination of the growing season, certain increasing tendencies of the protein-N contents in all of the parts of the plants were recognized, and the considerable high contents of soluble-N in them, particularly in the leaf-blades and petioles of the apical parts of the vines were ascertained.

4. On the total-N contents throughout an entire growing period, in lead is the content in the leaf-blades, following in order are those in the petioles and then the apical parts and basal ones of the vines, and finally the fibrous roots and root tubers. At the same time no remarkable differences on the total-N contents between the fibrous roots and root tubers were traced. Moreover, it may be pointed out that the amount of the nitrogen compounds in almost of all of the parts of the plants were abundant at the early and final stages of their growing periods, showing a little depressions at the middle stages of them.

輸出グラジオラスの繁殖に関する研究

I 日長がグラジオラスの球茎並びに仔球の形成に及ぼす影響について

小杉　清，住友　昭利，片桐　武憲

Studies on the propagation of gladioli for export.

I On the effects of daylength upon the corm and cormel formations in gladioli.

Kiyoshi KOSUGI, Akitoshi SUMITOMO, and Takenori KATAGIRI

(Laboratory of Floriculture and Ornamental Plants.)

(Received July 25, 1957)

I 緒　　言

球根植物の球根形成に及ぼす日長の影響については数多くの研究[1,3,5,10]があり，グラジオラスについても H. A. BORTHWICK等[2]の報告がある．すなわち氏等は，グラジオラスの6品種を用いて8組の日長処理を行つた結果，電燈照明を行つて暗黒期間を短くすると，開花及び成熟が遅れて栄養生長期間が長くなり，花穂は長くきなつて多くの小花を着けるが，仔球の着生を減ずる．しかし球茎の生産及び休眠には影響なく，品種間の差異も大く，また15時間以上の日長には影響の増加がみられなかつたと述べている．

日長を調節することによつて仔球の着生率を増加させることが出来るならば，少数の種球より急速に増殖せしめることも可能であり実際栽培上極めて好都合であるので，その利用性を確かめるために，また果して BORTHWICK 等の述べているように新球茎の生産には影響がないものであるか否かを知ろうとしてこの実験を行つたところ，若干の成果を収めたのでここに報告する．

なおこの実験は，文部省科学試験研究費による「輸出球根の繁殖に関する研究」の一部を分担したものであり，塚本博士の御指導によることを記して謝意を表する．

II 実験材料及び方法

本学附属農場で育成された Picardy, Purple Supreum, Spotlight, Valeria の4品種と，京都大学附属和歌山農場で育成された Radiance 各々200球宛を春秋2回に分けて植付け（Radiance は春のみ），その各々を更に5等分して日長処理を行つた．すなわち

A. 第1回試験（1956年3月16～同年9月11日）

1956年3月16日に巾3尺の床に6×4寸に植付け，5月8日より次の方法で日長処理を行つた．

区	日　長		自然日長		電照時間
1	8時間	＝	8時間	＋	0時間
2	10	＝	8	＋	2
3	12	＝	8	＋	4
4	14	＝	8	＋	6
5	16	＝	8	＋	8

毎日午后5時より翌朝9時まで高さ4尺，巾5尺の位置より黒色ビニールを覆い，Timeswitch によつてそれぞれ所定の時間，100w電球を坪当り1個の割合で灯けた．

掘上げは平均開花日の40日後に行い，各区間の新球，仔球の着生発育状態を比較した．

B. 第2回試験（1956年8月20日～1957年1月30日）

第1回試験と同一の球茎を1956年4月9日より8月14日まで5°Cの冷蔵庫に貯蔵し，取出してから室内に置き，8月20日に第1回試験の場合と同様の方法で植付けた．

日長処理は9月21日より掘上げ日まで行つた。

掘上げは平均開花日の40日後に行つたが，総て Blind となつて平均開花日の算出し得ない区については，隣接区の掘上げ日を考慮して，その前後1日間に行つた．

Ⅲ 実 験 結 果

a. 開花状況

第1回試験の結果は第1表に，第2回試験の結果は第2表に示す通りである．

Table 1. Effects of daylength upon the flowering in gladioli I.
(The first experiment, March 16 ~ September 11, 1956.)
Plot 1 2 3 4 5
Daylength (hours) 8 10 12 14 16

Variety	Plot	Number of corms Planted	Per cent of flowering stalks	Per cent of blind stalks	Height of Plants (cm)	Number of leaves	Number of florets on a spike	Average flowering date	Date of digging corms
Picardy	1	20	13.2	86.8	95.4	8.8	5.4	Jun.29	Aug.18
	2	20	57.1	52.9	99.8	6.2	9.8	Jul. 5	Aug.24
	3	20	100.0	0	97.5	8.8	5.8	Jul.10	Aug.29
	4	20	70.6	29.4	105.9	8.8	7.9	Jul.14	Sep. 2
	5	20	78.8	21.2	98.7	8.6	6.5	Jul.15	Sep. 3
Purple Supreum	1	20	21.1	78.9	103.5	7.8	4.3	Jul. 2	Aug.21
	2	20	90.5	9.5	114.9	7.0	8.0	Jul.11	Aug.30
	3	20	100.0	0	109.6	9.1	8.7	Jul.19	Sep. 7
	4	20	87.5	12.5	108.1	9.0	8.9	Jul.21	Sep. 9
	5	20	100.0	0	110.9	8.9	9.0	Jul.18	Sep. 6
Radiance	1	20	16.7	83.3	100.3	7.3	8.3	Jun.17	Aug. 8
	2	20	61.1	38.9	109.1	8.0	10.6	Jun.18	Aug. 7
	3	20	73.7	26.3	105.2	7.8	10.4	Jun.21	Aug.10
	4	20	64.3	35.7	109.8	8.1	11.6	Jun.21	Aug.10
	5	20	75.9	24.1	107.2	7.8	10.2	Jun.25	Aug.14
Spotlight	1	20	80.0	20.0	99.5	8.1	5.3	Jul.13	Sep.11
	2	20	95.2	4.8	110.8	8.3	8.4	Jul.12	Aug.31
	3	20	100.0	0	106.7	8.3	9.4	Jul.16	Sep. 4
	4	20	94.4	5.6	104.4	8.5	8.0	Jul.15	Sep 8
	5	20	90.0	10.0	103.4	8.1	8.3	Jul.18	Sep. 6
Valeria	1	20	12.5	87.5	86.5	7.0	4.0	Jun.28	Aug.17
	2	20	54.5	45.5	101.0	8.0	7.3	Jun.26	Aug.15
	3	20	85.0	15.0	100.4	7.6	7.3	Jul.29	Aug.18
	4	20	85.0	15.0	104.5	8.1	8.0	Jul. 3	Aug 22
	5	20	100.0	0	105.6	7.9	8.2	Jun.30	Aug.19

Table 2. Effects of daylength upon the flowering in gladioli II.
(The second experi ment, August 20, 1956 ~ Jannuary 30, 1957.)
Plot 1 2 3 4 5
Daylength (hours) 8 10 12 14 16

Variety	plot	Number of corms planted	per cent of flowering stalks	per cent of blind stalks	Height of plants (cm)	Number of leaves	Number of florets on a spike	Average flowering date	Date of digging corms
Picardy	1	20	10.0	90.0	91.5	6.3	8.0	Nov.20	Dec.29
	2	20	7.1	92.9	86.2	6.1	4.0	Nov.26	Jan. 4
	3	20	54.5	45.5	97.6	6.9	7.3	Dec. 8	Jan.17
	4	20	53.3	46.7	97.4	7.1	5.1	Dec. 9	Jan.18
	5	20	80.0	20.0	100.1	9.3	9.0	Dec.16	Jan.25

Purple Supreum	1	20	5.3	94.7	94.9	7.1	4.0	Dec.14	Jan.23
	2	20	13.3	86.7	100.8	8.0	5.5	Nov.11	Dec.31
	3	20	50.0	50.0	103.8	8.1	2.9	?	Jan.22
	4	20	47.1	52.9	106.5	8.4	6.4	?	Jan.22
	5	20	50.0	50.0	105.5	8.0	9.0	Dec.14	Jan.23
Spotlight	1	20	31.3	68.7	99.9	6.8	7.0	Dec. 9	Jan.18
	2	20	56.3	43.7	100.2	7.3	5.8	Dec.11	Jan.20
	3	20	84.2	15.8	106.3	9.0	8.6	Dec.14	Jan.23
	4	20	73.7	26.3	100.4	7.8	10.6	Dec. 5	Jan.13
	5	20	35.7	64.3	93.9	6.9	8.0	Dec.21	Jan.30
Valeria	1	20	0	100.0	94.1	5.7	—	—	Jan.10
	2	20	0	100.0	96.6	5.8	—	—	Jan.10
	3	20	10.5	89.5	99.4	6.3	7.5	Dec. 2	Jan.11
	4	20	33.3	66.7	106.2	6.9	7.6	Dec. 9	Jan.18
	5	20	81.3	18.7	104.4	8.4	8.6	Dec.10	Jan.19

すなわち両試験共概して日長の長い区程開花は遅れ，草丈，小花数は大となつて，Borthwick等[2]の実験結果とほぼ一致した．また品種間差異も明らかで，Spotlight 種の如きは日長12時間区の開花率が最も高く，それより日長が長くなつても短くなつても Blind 数は増加した．

b．新球茎の肥大に及ぼす影響

掘上げ時における各区の新球重量は第1図に示す通りであり，これより植付時の母球重量を差引いて新球の肥大率を求めてみると第2図となる．

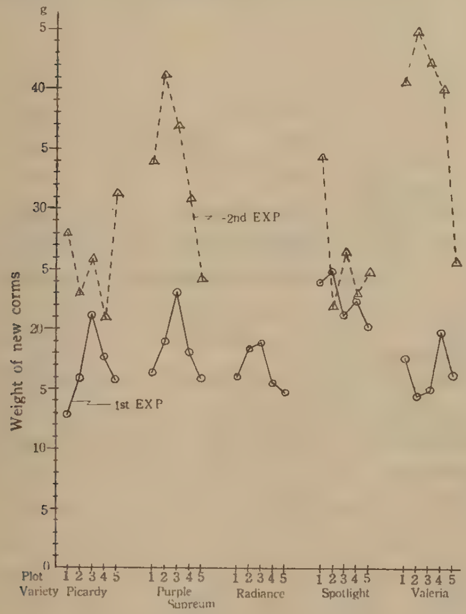


Fig. 1 Weight of new corms

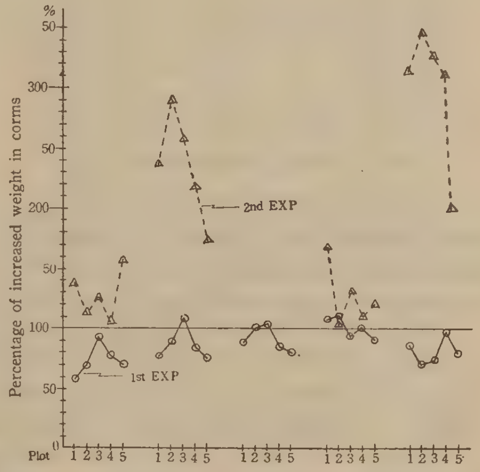


Fig 2 Percentage of increased weight in corms

この2つの図によつてみると，第1回の試験では Picardy, Purple Supreum 及び Radiance の3品種は，12時間日長区を頂点として，それより長，短いづれに傾いても肥大率が低下しているが，Spotlight は概して日長の短い区の方が長い区より球茎の肥大率は高く，Valeria は一定の傾向を示さなかつた．

第2回の試験では Purple Supreum とValeria は10時間区が最も高く，それより日長が長くなるに従つて急激に低下し，8時間区も稍々肥大率が10時間区より劣つた．Spotlight は8時間区が最高で，それより日長が長くなるに従つて低下し，Picardyは一定の傾向を示さなかつた．

結局この2回の試験を通じて結果が一致したのは Purple Supreum だけで，Spotlightは類似し，Picardy と Valeria は全く相反した．すなわち日長に対する影響は一定の傾向を示さなかつた．

なおこの試験結果に現れた特異点は，第1回の試験では，新球重量が母球重量より大となつた区は極めて少いの

に，第２回の試験ではいずれも母球重より遙かに大となり，最高は約3.5倍に達していることである．

c.　仔球の着生，肥大に及ぼす影響

各区における１株当りの仔球数は第３図に示す通りである．

すなわち各品種共概して日長の短い区程仔球の着生数は多く，日長の長くなるに従つて急激に減少しており，この傾向は第１回，第２回の試験共ほぼ一致した．

一株当りの仔球重量は第４図に示す通りである．

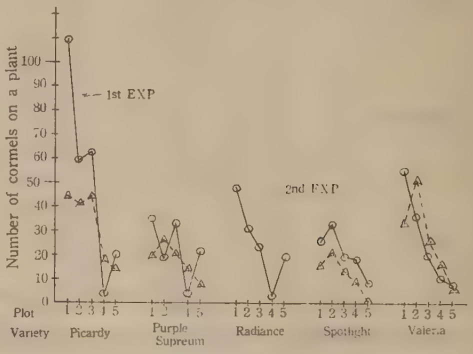


Fig 3　Number of cormels on a plant

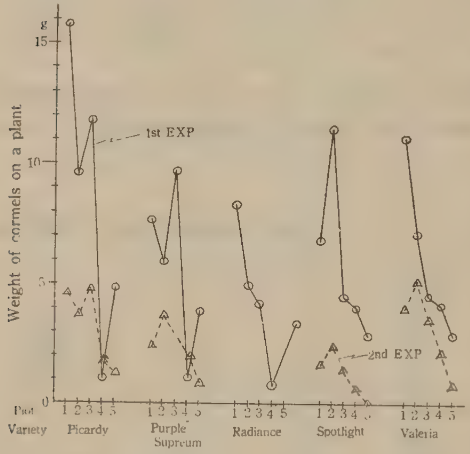


Fig 4　Weight of cormels on a plant

すなわち第４図と第３図とは極めてよく似ており，結局仔球の生産量は強く仔球数に支配されることを示している．

１球当りの平均仔球重量は第５図に示す通りである．

すなわち仔球１個の重量は各区間にあまり大きな差異が認められなかつたが，第１回試験と第２回試験とでは明らかに前者の方が後者より大きかつた．

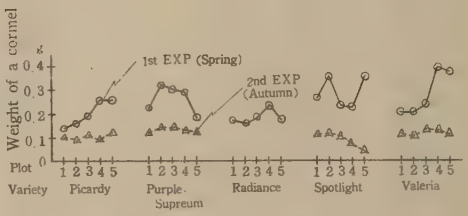


Fig 5　Average weight of a cormel

なお実験中の温度は第３表に示す通りである．

Table 3.　Temperatures (°C.)

Date \ plot	1		2		3		4		5	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
	The first experiment									
Mar. 11—20	22.6	2.7	22.2	4.0	21.8	3.6	22.0	3.6	21.8	4.1
21—31	19.9	3.4	19.8	3.3	19.4	3.1	19.6	3.3	19.6	3.3
Apr. 1—10	17.1	3.1	17.1	3.0	17.5	2.9	17.4	2.6	16.8	2.6
11—20	19.6	5.1	19.6	5.3	19.9	5.2	19.7	5.2	19.0	5.2
21—30	24.6	6.1	24.9	6.2	24.3	6.6	24.6	6.6	24.6	6.3
May 1—10	25.9	9.1	25.6	8.7	25.7	8.2	25.6	9.2	25.7	8.4
11—20	22.7	10.2	22.5	11.1	21.9	11.1	21.6	11.1	22.5	10.5
21—31	26.1	13.5	26.3	15.1	25.8	15.1	25.3	15.5	26.0	13.6
Jun. 1—10	29.5	15.5	29.6	17.2	28.6	15.0	28.7	17.5	29.1	16.1
11—20	30.7	15.6	30.8	16.3	30.7	16.6	30.2	16.6	30.7	15.9
21—30	31.6	19.1	31.2	19.2	30.9	19.8	30.7	18.9	31.5	19.5
Jul. 1—10	29.5	20.5	29.0	20.8	29.7	20.9	29.0	20.3	30.0	20.2
11—20	33.0	22.7	33.9	25.3	34.2	22.8	33.5	22.1	34.2	22.7
21—31	34.5	23.8	36.2	25.5	34.9	24.2	34.6	23.6	36.1	21.2

Aug. 1—10	36.5	23.7	37.2	24.2	36.7	24.0	36.6	24.0	37.3	23.7
11—20	35.1	22.6	35.7	22.7	34.6	23.0	34.6	23.1	35.2	22.1
21—31	28.9	18.5	29.1	18.5	28.1	18.4	28.2	18.3	28.7	18.7
Sep. 1—10	29.2	18.9	29.0	18.9	28.8	19.0	28.7	19.7	28.7	19.9
Average	20.9		21.1		20.8		20.9		20.9	
				The second experiment						
Aug. 21—31	27.8	18.5	27.8	18.5	27.8	18.5	27.8	18.5	27.8	18.5
Sep. 1—10	33.0	21.9	33.0	21.9	33.0	21.9	33.0	21.9	33.0	21.9
11—20	27.0	18.4	27.0	18.4	27.0	18.4	27.0	18.4	27.0	18.4
21—30	23.7	16.8	24.2	15.8	23.0	16.5	24.2	16.0	24.2	16.7
Oct. 1—10	26.4	15.9	25.8	15.8	25.8	16.1	26.2	15.4	26.8	16.0
11—20	21.2	12.6	20.6	12.6	20.6	12.9	20.8	12.6	21.6	13.6
21—31	20.5	11.7	20.5	11.7	20.6	11.8	20.6	11.9	21.8	12.8
Nov. 1—10	19.4	7.8	18.5	7.8	18.5	7.9	18.6	7.8	20.6	8.1
11—20	15.5	4.8	13.6	4.9	13.5	4.9	14.1	5.3	15.6	5.7
21—30	15.6	2.0	14.2	1.9	13.6	2.4	14.1	3.0	15.4	3.4
Dec. 1—10	13.3	0.7	12.4	0.5	12.0	0.8	12.7	0.5	14.5	1.5
11—20	10.0	1.0	9.3	0.7	8.9	1.1	9.7	0.8	11.8	2.3
21—31	9.8	−2.0	8.3	−1.6	7.7	−1.4	8.8	−0.9	11.0	−0.8
Jan. 1—10	11.0	−0.8	10.9	−0.5	10.2	−0.4	10.8	−0.4	12.2	0.2
11—20	11.5	−0.2	10.5	−0.4	9.9	−0.1	11.2	0	12.6	0.9
21—31	12.2	−3.0	11.6	−2.7	11.4	−2.4	12.5	−2.5	12.7	−1.4
Average	13.3		12.9		12.9		13.1		14.0	

Ⅳ 考　　　察

球茎の掘上げ日を平均開花の40日後と定めたのは，さきに筆者[4]が Kunder'd white について調査したところ，新球の肥大は開花後60～70日間に急速に行われることを知り得たので，少くともこの程度の日数が必要と思われたことと，あまり掘上げ期日が遅れると第2回試験に支障を来たす憂があつたためである．

新球の肥大に対する日長の影響が明確に現れなかつたのは，このような取扱上の欠陥に基くものとも考えられるが，日長感応が強ければ充分差異は現れる筈であり，差異が現れなかつたと云うことは日長に対する感応が弱いことを示すもので，Borthwick 等[2]の報告と一致すると解釈すべきであろう．なお第1回試験より第2回試験の方が遙かに新球の肥大率が高かつたことは，新球の肥大に温度が可成り強く影響することを示すもので，高温より低温の方が肥大生長を促進するものと考えられる．

仔球の着生に対しては明らかに短日区が優れ，第1回試験のPicardy においては，8時間区は14時間区に対して数において28倍，重量において15.7倍の仔球を着生しており，最も差異の少かつた Spotlight でも，10時間区は16時間区の4倍に達する数及び重量の仔球を着生し，第2回試験においても最高は数において12.6倍，重量にして34倍，最少は数において3.7倍，重量にして4．4倍の仔球を生産したのであるから，充分実用価値はあると思われる．

また第1回試験の方が第2回試験より顕著な差異が現れたのは，温度の相異によるものと考えられ，短日処理によつて仔球数の増加を図るには，ある程度温度の高い時期に行う必要があると思われる．

なおBlind の発生率と仔球の着生率とに関係があるか否かについては，更に今後の追究を必要とする．

V 摘　　要

(1) 1956年3月16日～同年9月11日と，1956年8月20日～1957年1月30日の2回に亘つて，5つの品種を用いて5つの日長処理を行つた．

(2) 長日区は短日区に比較して開花が遅れ，花穂は長く，小花数も多かつた．

(3) 日長感応は仔球の生産には認められたが，新球茎の形成には認められなかつた．これらの結果は1949年のBORTHWICK, H. A., PARKER, M. W. 等の実験結果と一致した．

(4) 第1回試験においては，1株当り仔球数及び仔球重量の最も大きかつたのは，Picardy の8時間区で，同一品種中での最少の16時間区に比較すると，数において28倍，重量にして15.7倍であつた．また Spotlight の10時間区は16時間区に比較すると，数及び重量において4倍の仔球が着生し，その他の品種はこの中間に位した．

(5) 第2回試験において，同一品種内における仔球数の最高は，最低の3.7倍であり，仔球重の最高は最低の4.4倍であつた．

(6) 以上の結果から，夏に8～10時間日長に短日処理することは，急速にグラジオラスの繁殖を図る場合に有効であると考えられる．

VI 引　用　文　献

(1) BEATMONT, J. H., WEAVER, J. G.: Effect of light and temperature on the growth and tuberization of potato seedlings. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **28**, 285—290(1931). 抄録, 農及園, **8** (7), 1733—1734(1933).

(2) BORTHWICK, H, A., PARKER, M.W. : Photoperiodic responses of gladiolus. *Gladiolus Mag.*, **13** (2), 26—31, 36—41(1949). *Biol. Abst.*, **51**, 9146 (1951).

(3) JENKINS, J. M. JR. : Some effects of different daylengths and temperatures upon bulb formation in Shallots. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **64**, 311—314(1954).

(4) 小杉清：グラジオラスの花芽並びに球茎の発育経過について，園芸学会雑誌**20** (3,4), 231—237 (1951).

(5) LEWIS, C. A. : Some effects of daylength on tuberization, flowering, and vegetative growth of tuberous rooted Begonias. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **57**, 376—379(1951).

(6) ―――――― : Further studies on the effects of photoperiod and temperatures on growth, flowering and tuberization of tuberous-rooted Begonia. *Proc. Amer. Soc., Hort. Sci.*, **61**, 568(1953).

(7) MAGRUDER, R., ALLARD, H.A. : Bulb formation in some american and european varieties of onions as affected by length of day. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **35**, 489—490(1935). *Jour. Agr. Res.*, **54**, 719—752(1937).

(8) MILLER, MCGOLDRICK, F. : Effect day length upon the vegetative growth, maturity, and tuber characters of the Irish potato. *Amer. Potato Jour.* **18**, 261—265 (1941). 抄録，農及園，**17**(12), 1584 (1942).

(9) STEILZNER, G., TORKA, M. : Tageslänge, Temperatur und andere Unweltsfaktoren in ihrem Einflub auf die Knollenbildung der Kartoffel. *Der Züchter*, **12**(10), 233—236 (1940). 抄録，農及園，**16**(12), 1970(1941).

(10) ZIMMERMAN, P. W., HITCHCOCK, A.E. : Root formation and flowering of dahlia cuttings when subjected to different daylengths. *Bot. Gaz.*, **87**, 1—13(1929).

Summary

Experiments including photoperiodic treatments and 5 varieties were carried out from March 16, 1956 to September 11, 1956 and from August 20, 1956 to Jannuary 30,1957. The results obtained are as follows:

(1) Long day treatment delayed the maturity of plant, resulting later blooming and longer spikes with more florets (Table 1,2.).

(2) Photoperiodic responses were observed on the yiled of cormels, but not affected corms formation. (Fig. 1—5.) These results agreed the report by BORTHWICK. H. A. and PARKER.M.W. in 1949.

(3) In the first experiment, number of cormels on a plant in 8 hrs. plot of Picardy reached 28 times as compared the number in 14 hrs. plot, and the weight was 15.7 times (Maximum). In Spotlight variety, 10 hrs. plot to 16 hrs. plot was 4 times in number and weight (Minimum).

(4) In the second experiment, maximum increase appeared between 10 hrs. to 16 hrs. in Spotlight, 12.6 times in number and 34 times in weight, and minimum was between 10 hrs. to 16 hrs. in Purple Supreum, 3.7 times in number and 4.4 times in weight.

(5) From these results it seemes that the short day treatment, 8—10 hrs. daylength, in summer is recommended for the prompt propagation in gladioli.

柿炭疽病菌及びスエヒロタケの2,4-D添加培養による抗菌性物質生成

内藤中人，谷　利一，岸　常宣

Antifungal substance production by *Gloeosporium kaki* and *Schizophyllum commune* which were grown on media containing 2,4-D.

Nakato NAITO, Toshikazu TANI, and Tsunenobu KISHI (Laboratory of Phytopathlogy)

(Received July 26, 1957)

内藤らはさきに[1,5,7,8,9,10]，2,4-Dあるいは類似の phenoxy 化合物を添加した培地でオリーブ炭疽病菌（*Gloeosporium olivarum* ALM.）を培養すると，その培養濾液中に或る種の抗菌性物質が生成せられ，且つこれら化合物の同菌に対する in vitro の抑制機構は，菌に対する直接的作用というよりも，その添加により生成の誘致せられる該抗菌性物質に主因があることを報告した．そこで，オリーブ炭疽病菌以外の菌類にも，同様の現象がおこるかどうかを明らかにするため，4種の菌の2,4-D 添加培養をこころみたところ，少なくとも柿炭疽病菌およびスエヒロタケの両菌は，やはり或る種の抗菌性物質を生成することがわかつた．ここにその大要を報告する．なお，本研究の要旨は，昭和32年度日本植物病理学会大会で発表した．

実　験　材　料

供試菌*は柿炭疽病菌（*Gloeosporium kaki* ITO），スエヒロタケ（*Schizophyllum commune* FR.），稲小球菌核病菌（*Helminthosporium sigmoideum* CAV.）および稲胡麻葉枯病菌（*Cochliobolus miyabeanus* DRECHSL.）の4種である．2,4-Dは市販の日産化学製 Na 塩で（Na塩 88.86 %），本報に示す濃度は，この含量を基準とした Na 塩の濃度である．したがつて，純粋の Na 塩について追試を必要としようが，オリーブ炭疽病菌のばあいには[5,7]，同一の Na塩濃度であれば，純品も市販品もほとんど同程度の発育抑制ならびに抗菌性物質生成をひきおこし，不純物の影響は無視できる程度のものであることが判明しているので，本実験でも一応市販品を使用したわけである．また稲小球菌核病菌，スエヒロタケにおいては，ペプトン2g，KH_2PO_4 0.2 g，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.08 g，蔗糖 10 g，寒天4g（固体培地のみ），水 200 cc を，他の2菌では，ペプトンだけが倍量の同倍量式を基本培地とした．接種源には，25°C，6日間培養の菌叢先端部からきりとつた切片をあてた．実験方法については，各実験ごとにのべることにする．

実　験　成　績

1. 各種濃度 2,4-D 添加寒天における供試菌生長曲線

オリーブ炭疽病菌に対し抗菌性物質生成を誘致する2,4-D ならびに類似 phenoxy 化合物では，これら薬剤を添加した培地における同菌生長曲線がすべて "staling" 型であるという既往の成績[1,2,6,8,9]にてらして，2,4-Dが4種の供試菌に対しても抗菌性物質生成を誘致するかどうかの察知に資する1予備的手段として，同剤添加の寒天培地における各菌生長曲線をしらべてみた．

1区7コずつのペトリ皿を使用し，各種濃度の 2,4-Dを添加した培地に，25°C，14-16日間供試菌を平面培養して毎日菌叢直径をはかり，接種源の直径をさしひいたのであるが（第1表），それによると，供試濃度の範囲で

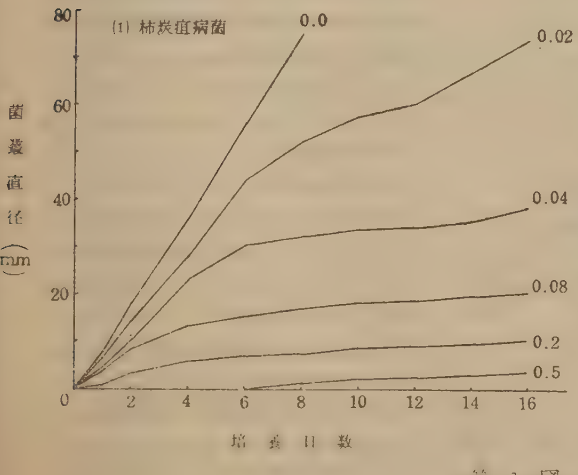
* 稲小球菌核病菌は九州大学，スエヒロタケおよび稲胡麻葉枯病菌は京都大学植物病理学研究室より分譲をうけた．深甚の謝意を表する．

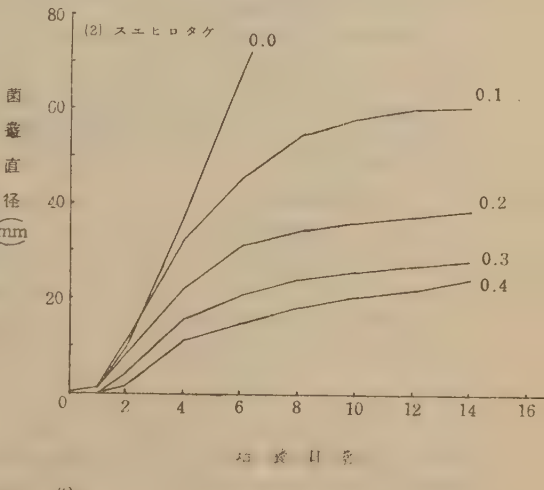
第1表　各種濃度 2,4-D 添加のペプトン加用合成寒天培地における供試菌菌叢直径 (mm)

供試菌	2,4-D 濃度 (%)	培養経過日数 2	4	6	8	10	12	14	16
柿炭疽病菌	0.0	18.6	36.6	56.8	75.5			—	—
	0.02	14.2	28.5	44.3	52.5	58.1	60.8	67.6	74.6
	0.04	10.5	23.7	30.3	32.6	34.1	34.8	36.0	38.9
	0.08	8.6	13.4	15.5	17.3	18.6	19.1	20.0	21.0
	0.2	3.2	6.0	7.1	7.7	9.0	9.3	10.0	10.5
	0.5	±	±	±	1.7	2.5	2.6	3.5	4.1
スエヒロタケ	0.0	9.9	38.2	68.8	—		—		
	0.1	10.9	32.4	45.5	54.2	58.0	60.1	61.0	
	0.2	8.6	22.3	31.2	34.7	36.1	37.6	38.9	
	0.3	4.1	15.9	21.1	24.7	26.1	27.3	28.5	
	0.4	1.9	11.3	15.0	18.5	20.4	22.6	24.7	
稲小球菌核病菌	0.0	14.5	49.5	78.3	—		—	—	
	0.08	14.3	43.4	65.4	77.9		—		
	0.1	9.4	34.2	53.4	66.5	72.1	76.9	79.9	
	0.15	8.0	26.1	41.2	48.7	50.8	51.6	52.4	
	0.2	2.1	10.0	18.8	24.1	26.4	28.3	30.1	
稲胡麻葉枯病菌	0.0	18.5	54.7	—			—	—	—
	0.05	15.0	41.3	63.2	—			—	—
	0.2	9.1	28.9	44.5	56.9	66.0	77.0		—
	0.3	6.3	17.3	26.1	34.8	42.4	51.0	58.3	67.1
	0.4	2.6	9.3	16.6	23.2	28.5	32.5	40.2	46.5
	0.6	1.3	5.3	10.8	15.7	20.2	23.6	28.5	32.3
	0.8	0.2	2.3	5.9	9.8	11.2	15.4	19.6	22.1
	1.0	±	±	2.0	4.7	6.5	7.7	10.3	11.6

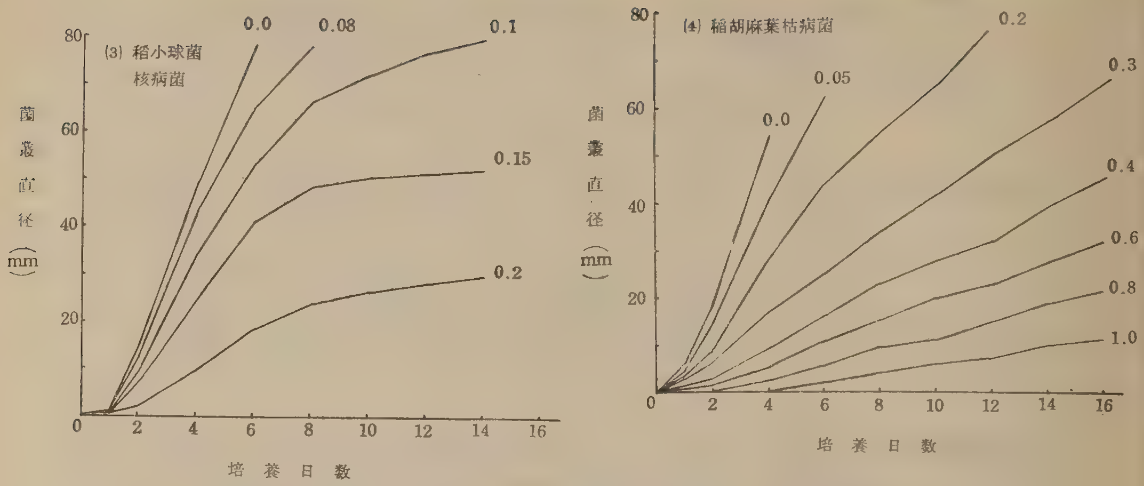
備考：—はペトリ皿に伸びきつたもの.

はすべて，菌糸の伸長を抑制しており，且つ濃度の高いものほどその程度がいちじるしい．しかし，その生長曲線をみると，柿炭疽病菌，スエヒロタケ，稲小球菌核病菌の3種は凸字の対数曲線型を示し，つまり培養経過日数とともに生長速度が減少しているのに対し（第1図(1)-(3)），稲胡麻葉枯病菌のばあいは，ほぼ直線状である（第1図(4)）．RICHARDS[11]も，植物生長ホルモン添加寒天にスエヒロタケを8日間培養し，生長速度の動向を観察しているが，それによると，2,4-Dおよび 2,4,5-T 区では4-8日の平均生長速度が2-6日のものに比べて低下するのに対し，indole-3-acetic acid, alpha-naphthaleneacetic acid の両区，および無添加の標準区ではそのような傾向がみられなかつた．





第1図 (1) − (2)



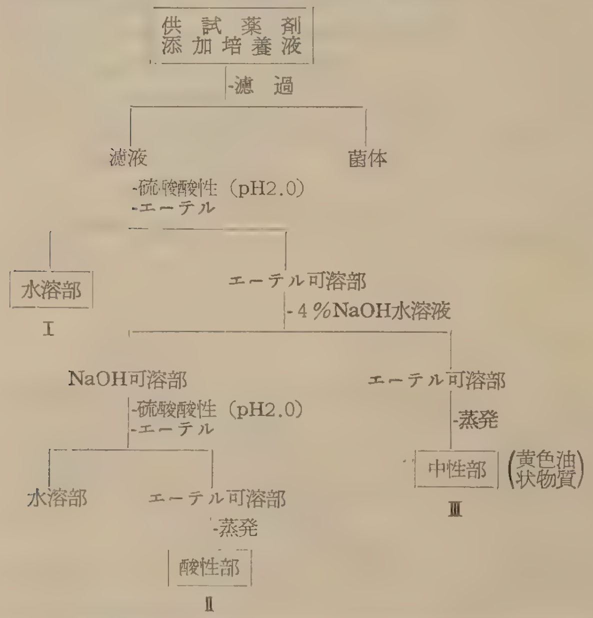
第１図 (1)—(4) 各種濃度（%）2,4-D 添加寒天培地における供試菌生長曲線

前者のような凸字の対数型生長曲線は，培養中における pH の変動か栄養源の消耗による以外は，主として，抗菌性を有する "staling substance" の生成にもとづくものと考えられているが，本実験では pH の変動はあまりみられず，また，C，N 源もなお多量残存していた．これらの事実から，少なくとも柿炭疽病菌，スエヒロタケ，稲小球菌核病菌の３種にあつては，オリーブ炭疽病菌のばあいとおなじく抗菌性物質生成の可能性が考えられたので，つぎの実験に着手した．

2. 供試菌の 2,4-D 添加培養濾液分別フラクションが自菌に対して示す抗菌性

上述の生長曲線が，抗菌性物質生成の有無とはたして密接な関連をもつているかどうかを究明するために，2,4-D添加培養液で培養した４種供試菌の培養濾液を，第２図のとおり分別し，フラクションⅠ，Ⅱ，およびⅢ（以下Ⅰ，Ⅱ，Ⅲと略称）の自菌に対する抗菌性をしらべてみた．これらのフラクションをとくに重要視して選んだのは，本報に関連のある一連の研究(1,4,6,8,9) において，この種の抗菌性物質はすべて，Ⅲ に存在することがわかつているのと，最初に添加した栄養源ならびに 2,4-D は，それぞれ Ⅰ，Ⅱに移行するなどの理由にもとづくものである．

まず，柿炭疽病菌においては 0.04 %，スエヒロタケでは 0.1 および 0.2 %，稲小球菌核病菌では 0.1および 0.15 %，稲胡麻葉枯病菌にあつては 0.2 %となるようにそれぞれ 2,4-D を添加した培養液を使用し，その 50 cc ずつを分注した 200 cc 三角フラスコに 25°C，12 日間各菌を培養し（第１次培養），フラスコ４コぶんの培養濾液から分別したⅠ，Ⅱ，およびⅢを，原培養液と同一且つ同量（200 cc）の寒天培地にそれぞれ加え，これにふたたび同一菌を 25°C で 6-7 日間培養し（第２次培養），その菌叢直径を測定した．そして第１次培養を欠き，したがつて分別フラクションをまつたく含まない正



第２図 供試薬剤添加培養をおこなった培養濾液の分別フラクション

第2表　2,4-D添加培養液に 25°C，12日間供試菌を第1次培養し，その培養濾液分別フラクションを加えた寒天培地に同温度で第2次培養した同菌菌叢直径（mm）

供試菌	第1次培養の 2,4-D 濃度 (%)	分別フラクション I	分別フラクション II	分別フラクション III	標準無添加
柿炭疽病菌	0.04	50.5	33.5	29.7	61.2
スエヒロタケ	0.1	67.8	29.6	27.6	86.1
	0.2	70.4	4.1	25.1	86.1
稲小球菌核病菌	0.1	65.2	12.4	79.9	80.4
	0.15	59.6	±	78.9	80.4
稲胡麻葉枯病菌	0.2	65.2	23.6	61.1	68.8

備考：柿炭疽病菌，稲胡麻葉枯病菌の第2次培養日数は6日，その他の菌は7日

常培地に培養したものを，第2次培養の標準区とした．1区7コずつのペトリ皿を使用したが，その平均値をみるのに（第2表），柿炭疽病菌およびスエヒロタケのIII（黄色油状物質）はいちじるしく自菌の発育を抑制しているが，他の2菌のそれにはほとんど抑制が認められない．また各菌とも，栄養源の移行するIにはあまり抑制がみられないのに対し，IIは各菌とも顕著な抑制を示している．しかしIIは前述のとおり，第1次培養のさいに添加した 2,4-Dの移行するフラクションであるから，IIの呈する抗菌性が同剤のみに基因するかどうかはともかくとしても，その影響もあらわれていると考えねばなるまい．要するに本実験結果は，少なくとも柿炭疽病菌，スエヒロタケの両菌がIIIに抗菌性物質を生成することを明示している．

3．供試菌の正常培養濾液分別フラクションが自菌に対して示す抗菌性

供試菌の 2,4-D 添加培養による抗菌性物質生成の有無については，前実験によつてその概貌を知りえたものと考えるが，2,4-D無添加の正常培養下ではどうかという点は，なお残されている．標準無添加培地における生長曲線は，各菌ともほぼ直線状であつたが（第1図），6-9日でペトリ皿いつぱいに伸びきつて，その後の生長曲線の動向が不明なのであるから，正常培地における抗菌性物質生成の有無の推定に資するには，この生長曲線はあまりにも不備であるといわねばならない．そこで前記と同様の方法により，供試菌を2,4-D無添加培養液におなじく25°Cで4，12 および 24 日間第1次培養し，その培養濾液分別フラクションを加えた寒天培地で，さらに第2次培養をおこなつてみた（第3表）．それによると，稲胡麻葉枯病菌における第1次培養 12 日区のII，おなじく 24 日区のI，IIに若干の生長抑制がみられるほかは，ほとんど抑制があらわれていない．このことは，これらの供試菌が，標準培地では "non-staling" 型かそれに近い生長を示すことを暗示している．少なくとも本実験結果は，柿

第3表　2,4-D無添加の標準培養液に 25°Cで供試菌を第1次培養し，その培養濾液分別フラクションを加えた寒天培地に同温度で第2次培養した同菌菌叢直径（mm）

供試菌	第1次培養日数	分別フラクション I	分別フラクション II	分別フラクション III	標準無添加
柿炭疽病菌	4		58.5	54.5	61.2
	12	63.1	62.2	61.0	61.2
	24		58.6	61.2	61.2
スエヒロタケ	12	79.0	78.7	80.4	86.1
稲小球菌核病菌	12	68.5	79.9	71.2	80.4
稲胡麻葉枯病菌	4	68.1	68.3	65.5	68.8
	12	68.2	49.3	62.4	68.8
	24	40.7	45.5	57.7	68.8

備考：第2表備考参照

炭疽病菌，スエヒロタケ両菌の2,4-D添加培養によつて生成されるⅢの抗菌性物質が，正常培養下で生成されるものでないことを明示するものである．

論　　　議

柿炭疽病菌，スエヒロタケの2,4-D添加ペプトン加用合成寒天における生長曲線は“staling”型を示したが，これを或る程度裏書きするもののように，同培養濾液の分別フラクションⅢは顕著な抗菌性を示した．これらの事実は，オリーブ炭疽病菌を2,4-Dあるいは類似のphenoxy化合物添加培地に培養したばあい(1,2,4,6,8,9)と，まつたく一致している．これに反して稲胡麻葉枯病菌の同フラクションは，まつたく抗菌性を示さなかつた．しかし本研究においては，菌体の抗菌性をしらべてないなど多少不備の点を残しているから，この結果のみから，同菌が2,4-D添加培養によつてこのような抗菌性物質を生成しないと断ずるには，なお一縷の疑義を残している．しかし同剤添加培地における生長曲線が直線状であり，またオリーブ炭疽病菌のばあいには菌体に抗菌性がみられなかつたという事実(4,6,8,9)をもあわせ考えると，同菌にはこのような性質がないか，あつてもごく微弱であると断じても，大過ないものと思考する．稲小球菌核病菌にあつても，Ⅲにはまつたく抗菌性が認められなかつた．しかし，本菌は2,4-D添加寒天上で，柿炭疽病菌，スエヒロタケのばあいとおなじく，“staling”型の生長曲線を示しているし，第1次培養のさいに添加した2,4-Dが移行するところのⅡは，いちじるしい抑制を示しているのであるから，同フラクションの抗菌性が，移行した2,4-Dに主として基因しているのか，Ⅱに抗菌性物質が生成されてその影響もあらわれているのかを追究してみないと，抗菌性物質生成の有無に断をくだすわけにはいかない．

オリーブ炭疽病菌の2,4-D，MCP添加培養濾液より純粋分離せられた抗菌性物質が，その収量，抗菌性，その他から綜合的に判断して，両剤抗菌性の主因をなすものであることは既報のとおりである(5,7,9,10)．柿炭疽病菌，スエヒロタケの2,4-D添加培養濾液より粗分離せられた抗菌性物質の純化には成功していないから，粗物質中の有効成分がはたして単一の化合物であるかどうかは不明であるが，この粗物質を原濾液中の濃度とほぼ同程度に稀釈しても顕著な抗菌性がみられるのであるから（第2表），2,4-Dの両菌に対する抑制機構も，菌に対する直接的作用というよりは，その添加により生成せられる本粗物質に主として基因するものと思考する．

なお，オリーブ炭疽病菌の2,4-D(5,7)，MCP(9,10)，2,4,5-T（未発表）添加培養濾液より純粋分離せられた抗菌性物質は，それぞれ異なる物質であるから，添加phenoxy化合物と菌との組合わせをいろいろ異にして培養することにより，種種の抗菌性物質を分離しうる可能性も考えられる．さらにまた，内藤ら(3)はさきに，2,4-Dに対する抵抗性にもとづいて，各種菌類を4群に類別したさい，稲胡麻葉枯病菌は最も抵抗性の強い群に属することをのべたが，本菌が抗菌性物質を生成しなかつたという本実験結果とあわせ考えると，2,4-Dに対する菌類の抵抗性は，このような抗菌性物質生成の有無，程度などにもとづくものではないかとも予想せられるに至つた．これらについても今後の課題の一つとしたい．

摘　　　要

(1) 柿炭疽病菌，スエヒロタケ，稲小球菌核病菌，および稲胡麻葉枯病菌を2,4-D添加ペプトン加用合成寒天培地に培養すると，前者3菌の生長曲線は凸字の対数曲線型を示し，すなわち培養のすすむにつれて生長速度は低下する．これに反し稲胡麻葉枯病菌では，ほぼ直線状の生長曲線を呈し，生長速度はほとんど不変である．

(2) 柿炭疽病菌およびスエヒロタケの2,4-D添加培養濾液からは，黄色油状の或る種の抗菌性物質が粗分離せられるが，正常培養下ではその生成をみない．稲胡麻葉枯病菌は同様の添加培養によつても，このような抗菌物質を生成せず，稲小球菌核病菌における生成の有無はなお明らかでない．

(3) 柿炭疽病菌およびスエヒロタケに対する2,4-Dのin vitroにおける抑制機構は，菌に対する同剤の直接的作用というよりは，同剤添加によつて生成される抗菌性物質に主として基因するものである．

引　用　文　献

(1) 内藤中人，小島義之：香川大学農学部学術報告，9(1)，18-25，(1957).

(2) ――，国方　弘：植物病害研究，5(3)，113-118 (1955).

(3) ――，谷　利一：香川農大学術報告，3(3)，119-125 (1952)；4(1)，50-55 (1952).

(4) ——, ——：日植病報, 19(3-4), 129-132 (1955).
(5) ——, ——：香川農大学術報告, 7(1), 41-50 (1955).
(6) NAITO, N., TANI, T. : *Japan. J. Botany*, 15(2), 152-163 (1956).
(7) ——, , : *Forsh. Pfl. Kr., Kyoto, Japan*, 5(4), 127-138 (1956).
(8) 内藤中人, 谷利一：日植病報, 21(2-3), 74-78 (1956).
(9) NAITO, N., TANI, T. : *Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ.*, 8(2), 157-167 (1957).
(10) 内藤中人, 谷 利一, 東 純男：日植病報 22(2), 93-96 (1957).
(11) RICHARDS, R. R. : *Bot. Gaz.*, 110(4), 523-550 (1949).

図 版 説 明

A 2,4-D添加ペプトン加用合成液に培養した柿炭疽病菌培養液の各分別フラクションを，原液と同一同量の寒天培地に加えたとき，25°C 6日後における同菌発育状態

1. 0.04% 2,4-Dのみを加えたもの
2. 0.04% 2,4-D添加培地に4日間培養した培養濾液の酸性フラクション（II）を加えたもの
3. 同 12 日間培養のもの
4. 同 24 日間培養のもの
5. 標準区
6. 0.04% 2,4-D添加培地に4日間培養した培養濾液の中性フラクション（III）を加えたもの
7. 同 12 日間培養のもの
8. 同 24 日間培養のもの
9. 2,4-D無添加の正常培地に 12 日間培養した培養濾液の中性フラクション（III）を加えたもの
10. 同 24日間培養のもの

B 2,4-D添加ペプトン加用合成液に 25°Cで12日間培養したスエヒロタケ培養液の各分別フラクションを，原液と同一同量の寒天培地に加えたとき，25°C 6日後における同菌発育状態

1. 0.2% 2,4-Dのみを加えたもの
2. 0.2% 2,4-D添加培地に培養した培養濾液の中性フラクション（III）を加えたもの
3. 同酸性フラクション（II）を加えたもの
4. 同水溶性フラクション（I）を加えたもの
5. 0.1% 2,4-Dのみを加えたもの
6. 0.1% 2,4-D添加培地に培養した培養濾液の中性フラクション（III）を加えたもの
7. 同酸性フラクション（II）を加えたもの
8. 同水溶性フラクション（I）を加えたもの
9. 標準区
10. 2,4-D無添加の正常培地に培養した培養濾液の中性フラクション（III）を加えたもの
11. 同酸性フラクション（II）を加えたもの
12. 同水溶性フラクション(I)を加えたもの

（A，Bともに分別フラクションは第2図参照）

Résumé

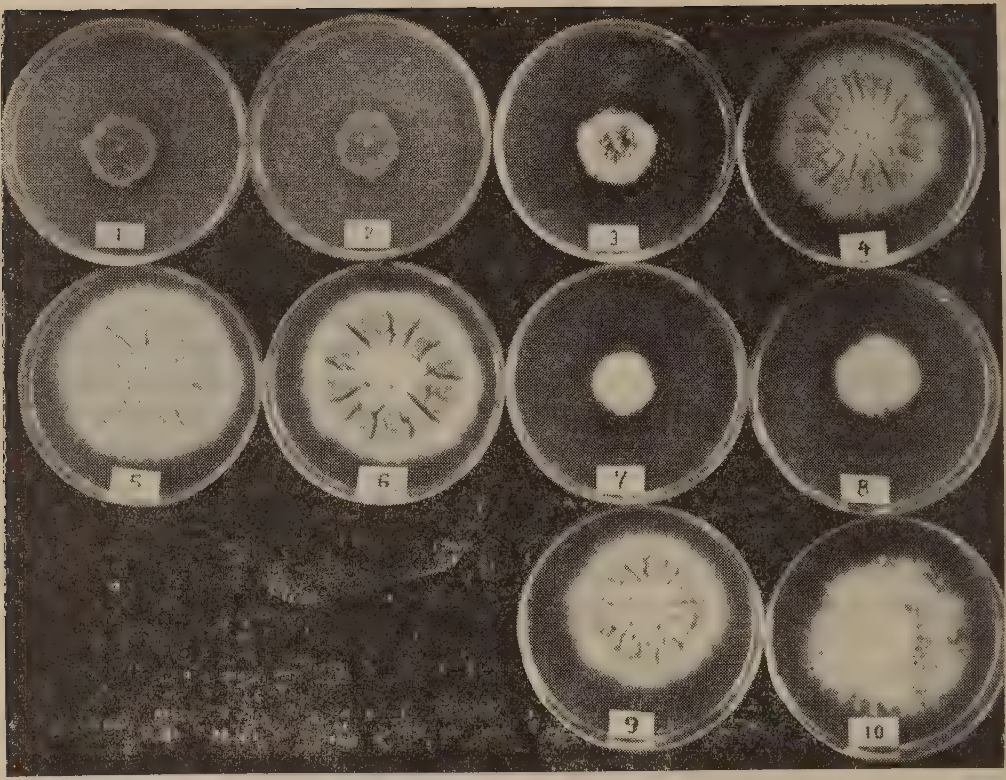
(1) Four filamentous fungi, *Gloeosporium kaki*, *Schyzophyllum commune*, *Helminthosporium sigmoideum*, and *Cochliobolus miyabeanus*, were grown for 12-14 days at 25°C on peptone-salts agar containing a range of concentrations of sodium 2,4-dichlorophenoxyacetate (2,4-D). The growth curve of the former three species on those media was of the logarithmic type (convex upwards), indicating a progressive decrease in the growth rate. On the other hand, the mycelial curve of *C. miyabeanus* was linear, thus the growth rate being almost invariable through incubation.

(2) When *G. kaki* and *S. commune* were grown in peptone-salts solution containing 2,4-D, a certain fungitoxic substance of yellowish oil was crudely isolated respectively from the resulting culture filtrates, and none of that was obtained from normal culture without the chemical. On the other hand, *C. miyabeanus* does not produce such a fungitoxic substance even if cultured in the presence of 2,4-D. The situation in *H. sigmoideum* is not clear as yet.

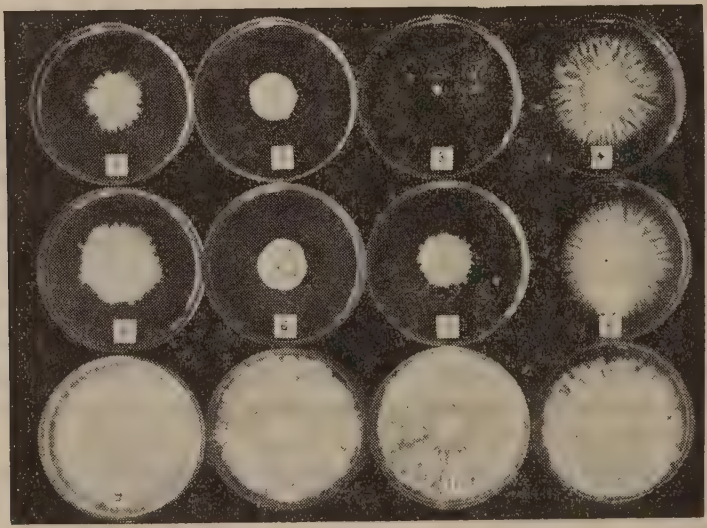
(3) The inhibitory activity of 2,4-D *in vitro* on *G. kaki* and *S. commune* is considered to be attributable primarily to the fungitoxic substances above stated rather than to the direct effect of 2,4-D on the causal fungi.

図　　　版

A



B



かんがい用貯水池相に関する研究

——堆砂(池泥)の肥効質について——

前川忠夫

Studies on the phase of irrigational reservoirs

——On the manurial value of the sedimentation (pond mud) ——

Tadao MAEKAWA (Laboratory of Agricultural Engineering)

(Received July 31, 1957)

I 緒言

貯水池堆砂の量，質ならびにその沈積機構はその貯水池をめぐる環境によつて示される池相を指向する重要なる要素と考えられる．貯水池堆砂の研究は貯水池と姉妹関係にある湖沼学において湖底堆積物としての業績が見られ，[1~6]また土木学的，地質学的には主として貯水池の維持管理の点から堆砂機構の基礎的研究が行われ，[7~13] さらに土壌肥料学的には客土材料として池泥の研究がそれぞれ行われている．[11~1] 香川県下の貯水池堆砂については本学吉良のこゝ数年来の研究は堆砂機構の基礎的研究に主点をおくものであり，すでに数編の業績を発表された．[19~22] また本学玉置，星川の池泥の研究[14~16] は客土による地力増進を目的とし池泥の肥効質を明かにしたものであり，これらの業績は筆者身辺の研究として好参考資料である．

貯水池堆砂の大部分は地表の流入水によつて浮流あるいは掃流物質として搬入されるが，その他の給源としては波浪による池岸侵蝕，風による飛砂，貯水池生物の遺体などが考えられる．

堆砂量に関する研究は，その観測がはなはだ困難であり相当長期間を要するもので，筆者は未だ具体的貯水池について実測するに至つていない．堆砂の質については物理，化学，生物学的に分析する必要があり，また試料採取の位置も水平的，鉛直的に検討しなければならない．

こゝに筆者の堆砂に関する研究の一応の目的は序報[23] でも述べたように，かんがい用貯水池相がその環境によつて如何に性格づけられるかを知らんとする概要的なものであつて，堆砂の化学的性質の一面を環境別に採り上げたものである．

なお検討に用いた4個の貯水池の堆砂の分析は吉良研究室の諸兄に負うところ多く，また県下に亘る池泥の分析結果を借用した玉置，星川両氏に対し感謝する．

II 調査貯水池および調査方法

堆砂の実験対象として採り上げた貯水池は序報[23] ならびに水位変化に関する報告[24]で詳述した次の4個の貯水池である．

山池	城池	(木田郡山田町東植田)
麓池	奥の堂池	(仝 郡三木町田中)
〃	男井間池	(仝 郡三木町池戸)
野池	平田池	(仝 郡三木町田中)

これら貯水池は調査の便宜上本学近郊に求めたため木田郡に集中したが，それぞれ環境的には代表的貯水池である．城池は満水面積30ha,最大水深11m，集水面積650haの山池である．奥の堂池は満水面積8 ha，最大水深7.6m，集水面積60haの山池的麓池であり，男井間池は満水面積48ha，最大水深5 m，直接集水面積142haの野池的麓池である．平田池は集水面積13ha，最大水深3 mの野池で集水面積は野池の特性[23] として不明である．

これら4個の貯水池について1956年夏期各貯水池の最深部附近において各3ヶ所づつEkman Berge 採泥器を用いて採泥を行つた．したがつて試料は堆砂の表層0～10cm程度のものである．

試料採取の位置は平面的にも鉛直的にも重要であり，貯水池堆砂の性質を究明するためには多くの点における採取が為さればならないが，こゝではその一部として同一条件の最深部を選んだ．試料分析は仮比重，真比重，およびA.S.K.法ならびにピペット法を併用して粒度分析を行い，化学的にはTurin氏の酸化滴定法によりC量および有機物量を，またガンニング氏変法によりN量をそれぞれ定量した．これらのうち理学的性質についてはなお続行中の他の貯水池の分析結果を併せて次報にゆづり，こゝでは主として化学的性質特に肥効質を中心として貯水池相を検討する．さらに前記玉置，星川[14~16]が1944〜1945年に亘り，主として冬期間に香川県下貯水池の堰堤附近より採取した池泥 143個 の試料について為された分析結果を借りてこれを環境別に分類し併せ検討することゝする．なおこの両氏の分析は試料採取時より相当期間経過し大部分1954年頃に為されたものである．

Ⅲ　堆砂中の有機物量および灼熱損失量について

試料は貯水池最深部の表層を採取したので微細な泥土で色は黒色ないし黒褐色を呈し相当量の有機物の含有が肉眼的にも予想された．

第1表　堆砂中の有機物

貯水池	城　池(山池)	奥の堂池(麓池)	男井間池(麓池)	平田池(野池)	備考
有機物(%)	3.25	3.57	6.49	6.74	細土2mm以下中の含量（%）

第2表　堆砂中の有機物（玉置，星川）

貯水池		山　池(8個)	麓　池(10個)	野　池(19個)	備考
有機物（%）	平均	2.09	3.78	6.70	全平均 4.92
	範囲	1.02〜3.31	1.66〜6.21	2.88〜11.79	
比率		0.42	0.77	1.36	全平均を1としたときの環境別比率

分析結果は第1表のごとく4個の貯水池平均5.01%で，環境別には山池（城池）最小で3.25%，最大は野池（平田池）の6.74%である．麓池の有機物量は山池と野池の中間的値を示し，前記の如く環境的に山池に近い奥の堂池はがいして小さく3.57%をまた野池に近い男井間池はがいして大で6.49%をそれぞれ示した．実測個数少く第1表より直ちに貯水池環境別性格の速断は許されないが，堆砂中の有機物量は山池に小で麓池これにつぎ野池に至るにしたがつて漸増する傾向がうかがわれる．この傾向は前記玉置，星川[14]が香川県下に亘り143個の貯水池池泥について分析された結果ではその範囲1.02〜11.79%で平均4.60%となつている．これらのうち環境を明にしうる貯水池を類別して山池8個，麓池10個，野池19個を選び環境別平均を求めると第2表となる．第2表が示すようにその個々の貯水池についてみるとその巾はかなり広いが，環境別平均では山池2.09%，麓池3.87%，野池6.70%を示し，山池から野池に至るにしたがつて漸増する傾向は前記4個の実測貯水池の場合と一致する．また有機物量を指向する灼熱損失量を環境別平均で示すと第3表となるが，これより見るも山池（6.36%）から野池（12.14%）に至るにしたがつて漸増することがうかがわれる．以上から見て貯水池堆砂中の有機物量は一般に山池に小で麓池，野池に至るにしたがつて大となることが理解出来る．

第3表　堆砂中の灼熱損失量（玉置，星川）

貯水池		山　池(8個)	麓　池(10個)	野　池(19個)	備考
灼熱損失量(%)	平均	6.36	9.02	12.14	全平均 10.04
	範囲	4.67〜8.47	5.36〜12.11	7.74〜16.70	
比率		0.63	0.89	1.21	全平均を1としたときの環境別比率

なお玉置[14]によると香川県水田土壌中の有機物量は約2.7〜3.7%，また灼熱損失量は約5.2〜6.1%であるから，

香川県貯水池堆砂のそれは附近水田土壌に比して相当多いことがわかる．また参考までに湖沼の堆積物の灼熱損失量を見ると野尻湖（17.4%）その他6湖沼の平均19.3%で[1]香川県貯水池池泥に比するとかなり大なる値を示している．

Ⅳ　堆砂中のC,NおよびC/Nについて

実測4個の貯水池堆砂中のC，Nの含量およびC/N ratioの値は第4表に示す結果を得た．

第4表　堆砂中のC，NおよびC/N

貯水池	城池(山池)	奥の堂池(麓池)	男井間池(麓池)	平田池(野池)	備考
C (%)	1.89	2.07	3.77	3.91	Turin氏の酸化滴定法
N (〃)	0.224	0.238	0.389	0.416	ガンニング氏変法
C/N	8.438	8.697	9.692	9.399	

第5表　堆砂中のC，NおよびC/N（玉置，星川）

貯水池		山池（8個）	麓池（10個）	野池（19個）	備考
C (%)	平均	1.22	2.19	3.94	全平均 2.88
	範囲	0.59〜1.92	0.96〜3.60	1.67〜6.84	
N (%)	平均	0.198	0.306	0.560	全平均 0.414
	範囲	0.148〜0.339	0.136〜0.496	0.182〜0.928	
C/N	平均	4.84	7.00	7.27	全平均 6.67
	範囲	4.02〜8.81	5.00〜8.25	3.52〜9.77	
比率	C	0.42	0.76	1.38	全平均を1としたときの環境別比率
	N	0.48	0.74	1.35	
	C/N	0.73	1.05	1.09	

C，N量については前項有機物量から予想されるように貯水池環境によつて漸変する傾向が見られる．C量では山池（城池）の1.89%を最小に漸増して野池（平田池）3.91%を最大に，またN量では山池（城池）0.224%を最小に漸増して最大は野池（平田池）の0.416%を示した．麓池の奥の堂池，男井間池はそれぞれの環境的性格を示して山池と野池の中間的値を示した．さらに玉置，星川の前記分析結果[14]から環境別に類別してC，N量およびC/Nratioの平均を求めると第5表となる．この検討からもC，N量は山池に小さく野池に至るにしたがい漸増する傾向が明であり前記実測貯水池に見られた傾向と一致する．なお参考までに湖沼の沈澱物中のN量は数例[2]ではあるが，木崎湖0.45〜0.62%，中綱湖0.28〜0.32%，青木湖0.85〜0.86%，榛名湖1.18%，諏訪湖0.84〜0.98%，Simcoe湖1.02%，[1]高須賀沼0.72%，[1]などで一般に湖沼は貯水池よりも泥土中のN量は多いようである．また池泥の肥効質を指向するC N ratio（炭素率）を求めると実測4個の貯水池では第4表の如く環境別に大差は認められないが僅かに山池（8.438）より野池（9.399）の方に大なる傾向があり，また玉置，星川の分析結果[14]では第5表の如く実測4個の値より全般的に小さいが，環境別の傾向は一致し山池（4.84）から野池（7.27）に漸増することを示した．なお香川県水田土壌は玉置[14]によるとC量（1.58〜2.15），N量（0.16〜0.24），C N ratio（9.0〜10.4）であるから，貯水池堆砂は水田土壌に比してC量，N量において大であり，C Nratioにおいてがいして小であることから貯水池堆砂の肥効的効果はかなり大なることが推定される．これを貯水池環境別に見るとき山池はC Nratioは小さいが，有機物，N量少く，これに反して野池はC Nratioがいして大であるが有機物，N量多くしたがつて貯水池環境別肥効性についてはさらに綜合的に検討する必要があろう．

Ⅴ　堆砂中のpHおよび全酸度について

堆砂のpHについて前記玉置，星川[14]の分析結果では香川県下116個の貯水池池泥でその範囲3.4〜6.5，平均5.2

が示されている．これを借り前項同様環境別平均で示すと第6表となる．

第6表 堆砂のpH，全酸度（玉置，星川）

貯水池		山池（8個）	麓池（10個）	野池（19個）	備考
pH	平均	5.1	5.2	4.9	全平均 5.0
	範囲	4.4〜5.6	4.2〜6.5	3.4〜5.8	
全酸度	平均	27.3	29.8	38.68	全平均 33.82
	範囲	16.5〜44.3	6.6〜86.3	18.0〜80.3	
比率	pH	1.02	1.04	0.98	全平均を1としたときの環境別比率
	全酸度	0.81	0.88	1.14	

香川県水田表土のpHは玉置[14]によると平均5.8程度であるから堆砂のpHはある程度低いことがわかる．これを環境別にみると大差なく山池5.1，麓池5.2，野池4.9を示し，pHから貯水池環境の特性はほとんど認められない．

次に堆砂の全酸度では香川県下116個の平均28.3でその範囲は広く4.2〜86.3に及んでいる．これは水田土壌の約8.2に比すると池泥の全酸度は著るしく高いことがわかる．これを前項同様貯水池環境別にみると第6表の如く山池27.3，麓池29.8，野池38.68となり山池より野池に至るにしたがつて漸次高くなる傾向が認められる．なお玉置，星川[14]が数個の貯水池について山側と堰堤側からそれぞれ資料を採取して分析された結果から，この両地点のpHには大差はないが，全酸度は堰堤側がかなり高いことを認めている．1個の貯水池における堆砂はその採取位置によつて異ることが予想され山側の堆砂は流入口近く山池的であり，堰堤側の堆砂は微細粒子の沈積により野池的であろうことが推測されるが，前記環境別傾向と一致することも興味ある結果でろあう．

VI 堆砂の塩基飽和度および水溶性硫酸について

堆砂の肥効性と関係ある塩基飽和度および水溶性硫酸について玉置，星川[14]は前記香川県下貯水池池泥について分析[16]された．その結果を借りて貯水池環境別の性格を検討してみよう．

第7表 堆砂中の塩基飽和度，水溶性硫酸（玉置，星川）

貯水池		山池（3個）	麓池（8個）	野池（11個）	備考
塩基飽和度	平均	20.38	20.86	27.36	全平均 22.9
	範囲	15.35〜25.79	9.56〜36.63	5.52〜74.80	
水溶性硫酸	平均	0.136	0.181	0.365	全平均 0.227
	範囲	0.043〜0.218	0.036〜0.516	0.032〜0.564	
比率	塩基	0.88	0.91	1.20	全平均を1としたときの環境別比率
	硫酸	0.60	0.80	1.61	

塩基飽和度については県下39個について行い最高76.17%，最低5.52%，平均29.66%で一般に池泥の塩基飽和度は乏しいとされている．これら39個のうち環境を明にし得たもの山池3個，麓池8個，野池11個を選び環境別平均を求めると第7表となる．個数がいして少く，特に山池は僅かに3個で環境的性格の普遍性に乏しいが，一応平均値からみると山池（20.38%），麓池（20.86%），野池（27.36%）で野池ほど大なる傾向を示している．

水溶性硫酸については県下36個の貯水池池泥について分析され最高0.564%，最低0.032%，平均0.237%を示された．この結果から同様環境別に山池（3個），麓池（8個），野池（11個）を選び環境別平均を求めると第7表となる．これも個数がいして少いが，山池（0.136%），麓池（0.181%），野池（0.365%）で，山池から野池に至るにしたがつて漸増の傾向が見られる．なお塩基飽和度の高い池泥は水溶性硫酸量は低い傾向にあることを玉置，星川は指適されているが，環境別平均値ではこれが正相関を示し山池においては共に低く，野池に至つて共に高くな

る傾向が見られる．この項および前項の検討には筆者の直接実験を含んでいないが環境別貯水池相を探らんとして玉置，星川の分析結果を借りて検討したものである．

VII 摘　　要

1．貯水池堆砂（池泥）の化学的性質特に肥効質を中心として貯水池環境別に池相の一要素として検討した．

2．有機物量は山池（3.25%）→野池（6.74%），また山池（2.09%）→麓池（3.78%）→野池（6.70%）のように環境によつて漸増することが認められた．（比率，山:麓:野＝0.42:0.77:1.36）

3．灼熱損失量は山池（6.36）→麓池（9.02）→野池（12.14）の如くやはり環境によつて漸増することを示した．（比率，山:麓:野＝0.63:0.89:1.21）

4．C量は山池（1.89%）→野池（3.91%），また山池（1.22）→麓池（2.19%）→野池（3.94%）と環境により漸増する傾向が見られた．（比率，山:麓:野＝0.42:0.76:1.38）

5．N量は山池（0.224%）→野池（0.416%），また山池（0.193%）→麓池（0.306%）→野池（0.560%）とやはり漸増したその比率は山:麓:野＝0.48:0.74:1.35となつた．

6．C/N ratioはやはり山池より野池に向つて漸増し山池（8.438）→野池（9.399），また山池（9.84）→麓池（7.00）→野池（7.27）で比率は山:麓:野＝0.73:1.05:1.09を示した．

7．pH価は山池（5.1），麓池（5.2），野池（4.9）で貯水池環境からは明かな差異は認められない．

8．全酸度では山池（27.3），麓池（29.8），野池（38.68）で環境的に漸増することを示した．（比率，山:麓:野＝0.81:0.88:1.14）

9．塩基飽和度は山池（20.38），麓池（20.86），野池（27.36），（比率，0.88:0.91:1.20），また水溶性硫酸では山池（0.136），麓池（0.181），野池（0.365），（比率，0.60:0.80:1.61）をそれぞれ示し，やはり環境的に山池より野池に向つて漸増の傾向が予想された．

10．以上貯水池堆砂の肥効性に関係すると思われる9個の因子について環境別に検討したが，たゞPH価においてのみ環境的性格が認められなかつたのみで他の全ての因子からは貯水池環境の性格はかなり明かとなり山池に低く野池に高く麓池はその中間的値を示す．

参　考　文　献

(1) 吉村信吉：湖沼学，（1936）．

(2) 西条八束：日本化学雑誌，**77**（6），（1955），（8）（1956）．

(3) 根木健一郎：陸水学会誌，**18**（2～3），（1956）．

(4) 菅原　健：仝　上，**5**，46−56（1955）．

(5) 仝　上：仝　上，**6**，102−115（1956）．

(6) 川村多実三：仝　上，**1**，3−10（1931）．

(7) 小貫義男：土木地質学，（1957）．

(8) 体藤清一：土木学会誌，**42**（4），（1957）．

(9) 鶴見一之：仝　上，**39**（3），（1954）．

(10) 松尾捨三郎：土木学会論文集，**32**，（1956）．

(11) 田中治雄：土木学会誌，**36**（4），（1951）．

(12) E.H.McCain: Measurement of Sedimentaion in TVA Reservoins, Proceedings of the A.S. of C.E. (1957).

(13) 田中治雄：電力中央研究所土木部報告，（1953）．

(14) 玉置鷹彦，星川玄児：池泥の研究（I），（II），香川農大学術報告，**5**（2），（1953）．

(15) 仝　上：仝　上（III），仝　上，**6**（2），（1954）．

(16) 仝　上：仝　上（III），香川大学農学部学術報告，**8**（2），（1957）．

(17) 石橋雅義：農芸化学会誌，**16**，245−248（1940）．

(18) 花田　稔：日本土壌肥料学会誌，**15**，43−50（1941）．

(19) 吉良八郎：かんがい用貯水池の堆砂に関する研究（I），香川農大学術報告，**7**（1），（1955）．

(20) 仝　上：仝　上（II），仝　上，**8**（1），（1956）．

(21) 仝　上：仝　上（III），仝　上，**8**（1），（1956）．

(22) 仝　上：仝　上（III），**8**（1），（1956）．

(23) 前川忠夫：かんがい用貯水池相に関する研究（序報），仝上，**8**（1），（1956）．

(24) 仝　上：仝　上（水位，水温および透明度について），仝上，**8**（1），（1956）．

Résumé

1) Studies were made to investigate the environmental characteristics of irrigational reservoirs by examining the chemical properties of their pond muds.

2) Factors examined include organic matter, ignition loss, the content of C and N, C N ratio, pH, total acidity, degree of base saturation and water-soluble sulfates.

3) From these factors analyzed, only pH values showed no special relation to the environment, but all the other factors examined showed some environmental characteristics, being lowest at mountain reservoirs, highest at field reservoirs, and mediate at hill-side reservoirs.

かんがい用貯水池の堆砂に関する研究

VI　貯水池における密度流について（その2）

吉　良　八　郎

Studies on the sedimentation in irrigational reservoirs.
VI　On the density current in resevoirs (2)

Hachiro KIRA (Laboratory of Agricultural Engineering)

(Received july 31.1957)

IV　神内上池に関する実測

(1)　調査の概要

III項において，貯水池内密度流に関する従来の理論的研究結果を2，3示したが，これらの実験的研究結果による検討は後日にゆずることにして，今回は現存貯水池を対象とした実態調査を計画した．その対象として，当研究室で1953年以来香川県の委託により流出率調査[I)(20)]を行つている神内上池（筆者は別に第3報[(21)]として報告したように残存堆砂の鉛直分布調査を行つた）を選んだ．

i)　神内上池の概要

神内上池は，第3報（第1図参照）[(21)]に詳述したように，香川県安原村外2カ村にわたる約850ha の流域をもち，春日川支流天満川下流部を締切り，下流側神内池の補助池として，大正3年（1915）築造された環境からみて山池に相当するかんがい用貯水池である．この貯水池は，春日川を水系とする通称四ケ池（神内上池ならびに神内池，公淵池，松尾池および城池）と称せられるものの一つであるが，流域相当大にしてなお余水ある関係上，神内池の補助池としてのみでなく，他の姉妹池たる公淵池，松尾池などに余水を補給する目的で，1952年度より県営四カ池用水改良事業が発足し，現在1.2mの嵩上工事，取水装置としての斜樋管工事および余水吐改修工事が完了し，なお今年から公淵池，松尾池補給のための導水路工事が計画実施されている．貯水容量は嵩上後759,125m³となり最大水深は堰堤部付近で満水時約23mで，湛水長約1,100m，窪み度$C=\frac{H}{R}=0.14$[(35)]（H：最大水深，R：満水面の平均半径）で相当大きく，池床平均勾配約$\frac{1}{50}$で全体に密度流観測に適した細長い峡谷型の貯水池である．

流域の地被状態は第3図（航空写真および直接踏査による）に示すごとく，山林原野が約83.2%，耕地約15.4%（水田10.6%畑4.8%），それに池沼（神内上池および広田池）約1.4%を占めており，これまでの流出率調査[(20)]では，年間平均流出率約37%（かんがい期間約25%，非かんがい期間約30%）を示すが，流域の地質土壌は後述す

第3図　神内上池流域の地被状態

るように，受蝕性の高い花崗岩風化土壌であり，しかも地形をみると，Horton の等高線延長法による全流域平均勾配S＝0.294で相当急峻な山地流域をなし，Horton 形状係数は天満川で大体 F＝0.2～0.8 の範囲にあり相当大である。すなわち流域地形は貯水池形態と逆に長さの割に巾の広いもので，そのため流域各部に降つた雨がほとんど同時に河川に流出することになり，強雨の際の洪水量，したがつて浮流並びに掃流土砂量が相当大となることが考えられる．

貯水池流入量では，主として分割流域（$A_1+A_2+A_3+A_4$）なる全流域の77.3%からの流入が，貯水池内の水理，水質に影響をおよぼすものとみて，川添観測点（量水堰）における1954年10月～1956年9月にわたる2カ年間の data によると，平均流入量8,147m^3/dayとなり，約93日で満水できる計算となる．1956年度の川添実測最大水位（0.69m）からみると，流入量247,363m^3/dayの計算となり，貯水容量はその約3日分にすぎないことになる．

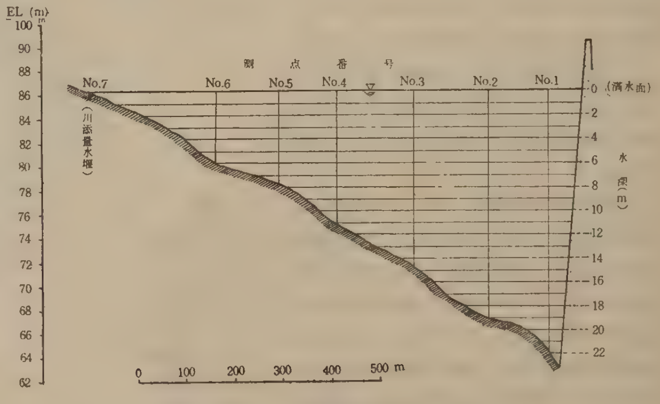
ii）調査研究の項目および方法

(a) 貯水池内水質調査

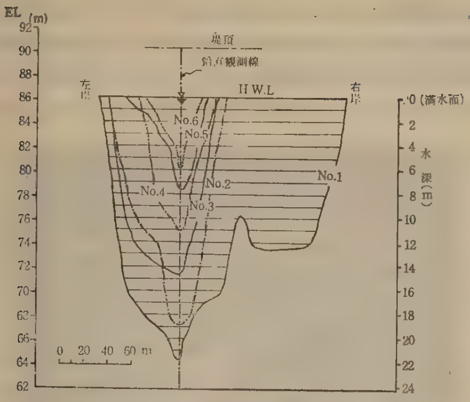
各種水質調査は，第4，5，6図に示すNo. 1～No. 7 測点を選定し，原則として毎月1回行うことにする．各測定カ所における観測採水深は，原則として0m（水面）より1mごと行い，採水観測はゴムボート（観測者3～4人）を用い，採水器としては北原B号中層採水器を使用する．水質調査の項目は，主として水温，濁度，pHおよびアルカリ度となし，水温は前記絶縁式北原B号採水器で各観測点1mごとの採水直後0.1°C読み温度計挿入によるか，また転倒温度計により測定し，その他の項目はポリエチレン製採水瓶（500cc入）にて持帰り，濁度を除き24時間以内にそれぞれ測定する．この際濁度は，標準白陶土(300mesh以下)による濁度100ppmの標準濁度液を用いS式濁度計により，また白金濁度計も併用することにする．pHは主としてB.T.B を指示薬として比色法により，また迅速水素イオン計を併用し，アルカリ度はメチルオレンヂ法によることとする．この外各観測点池水の濁つている度合を示す濁度（turbidity）に対して，池水の澄んでいる度合を示すところの透明度（transparency）を，Secchi's disc を用い，直径25cmの白円板が，水面から識別しえなくなる限界水深をもつて観測表示することにした．

以上各種水質観測値により，水温分布図，濁度分布図，pH分布図，アルカリ度分布図および透明度分布

第4図 神内上池平面図



第5図 神内上池縦断面図（観測点位置）

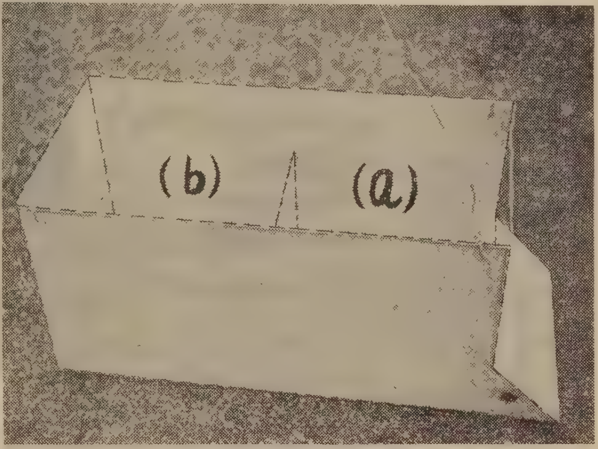


第6図　神内上池観測点横断面図

図などを作製し，これらにより池内全域の各種水質変化，水温，濁度，pH，アルカリ度などの季節的成層状態変化あるいは透明度の水平並びに季節的変化を検討し，特に水温，濁度分布 data は，後述の貯水池内の密度分布，鉛直安定度あるいは池水の流動状態などの検討資料とする．

(b)　Sediment 調査

洪水時の浮流や，潜行密度流により輸送沈澱する sediment deposit を採取するために，第4，5，6図に示した観測点No.1，No.2および No.4なる3カ所最深部に，第7図に示すような亜鉛鉄板製の沈澱箱を，開放部を上流に向けて沈め，これを針金で最寄りの池岸樹木に連結し，次回観測日までの約1カ月沈澱量や沈澱厚さの測定を行う．この際沈澱箱を図のように30cm×30cmなる2区画としたのは，a区画では掃流物質がある場合を考慮して前方を1部開放し流入段を設け，常時浮遊沈澱量はb区画内のものを採取することにした．この際沈澱箱（30×30×20cm容量）中の溷濁水を持帰り，大型円形ガラス水槽に約2昼夜沈澱堆積させて沈澱厚さを測定し，現地堆積厚さに換算，沈澱量はこれを蒸発乾固，60°Cで24時間乾燥し風乾試料とみなして秤量，g/m²/dayに換算する．またこの外沈澱堆積物の仮比重，真比重，アッターベルグ限界，有機物含量，粒径分布あるいは分散させない floccule として存在している sediment deposit について，見かけの沈降速度や equivalent diameter，ゾル，ゲル変化などの flocculation 問題について，主として理学特性を解析し，沈澱堆積機構について検討する．



第7図　沈　澱　箱

また貯水池に流入するsediment dischargeを測定するために，流入点（川添量水堰）における水深0.6の位置の流水を毎日9時採水して濁度を測定，あらかじめ求めたC＝nT（C:浮遊物質濃度ppm，T:濁度ppm，n：coefficient of fineness）なる実験式により浮遊物質濃度Cを求め，流入浮流物質量を推定する．なおこのdata と前記沈澱量data を併せ考えtrap efficiency（沈澱阻止率）E_Tの推定や，沈澱効果と貯水池埋没の問題について検討する．

その他神内上池流域表を第3図に示したS_1〜S_7点より採土し，また空虚時に再び明瞭な堆砂層理をなす過去の残存堆砂断面の採土，嵩上改修後における沈澱堆積物の採取を行い，前述のように主としてその理学性の解析をなし，流域表土と貯水池流入堆砂の関係を明らかにする．この際第3報[21]で発見した砂礫層と腐泥層が互層をなす堆砂層理についても再調査を行い，特にアミノ樹脂なるスミラックmc−501（住友ベークライトKK製，ベークラックU−201の改商名品）を用いた検鏡[36]により，浮流物質層の微層理 micro-stratification の究明，貯水池水理と沈澱堆積機構の関係につき検討する．

(c)　流域並びに貯水池の水文，水理調査

観測期間の流域雨量，流入量，流入水温，前述の流入濁度，貯水池水位あるいは気温などの data は，主として流出率調査によるものを併用し，若干追加調査する．

この際流域雨量の data は川添観測点における雨量計並びに自記雨量計記録によるもの，気温 data は川添観測

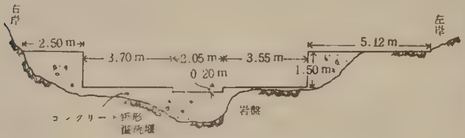
点における9時，最高，最低気温を，また貯水池水位変化は堰堤部量水標によるものを採用する．流入量は流出率調査のため背水点付近に設置された川添量水堰（第8，9図参照）における量水標並びに自記水位計により流入水位を観測し，分割流域 $A_1+A_2+A_3+A_4=638.8$ha（第3報参照）[21] からの川添流量曲線[20]（第10図および(8)式のごとき3種の複合曲線よりなる）により求める．この際流入水量は8時，12時，17時観測値の平均水位をもとにして流入

$$\left.\begin{array}{l} Q_1=3.3039-26.0663H+57.4289H^2 \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \qquad\cdots\cdots\cdots\ (0.37\leqq H) \\ Q_2=0.0565-1.6864H+15.3325H^2 \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \qquad\cdots\ (0.152<0.37) \\ Q_3=0.0088+0.3310H+4.2166H^2 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \qquad\cdots\ (0<H\leqq 0.152) \end{array}\right\}\cdots(8)$$

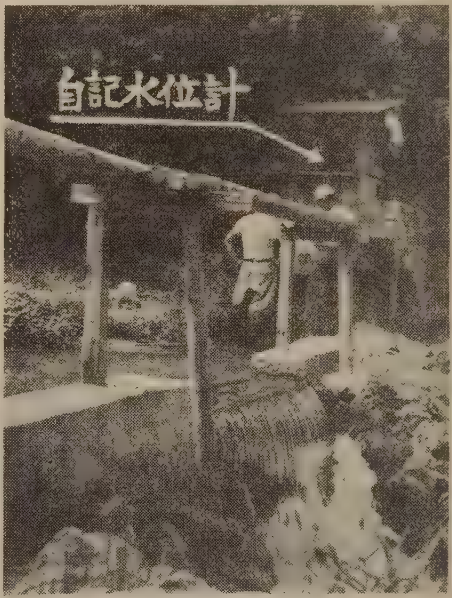
ここに $\left\{\begin{array}{l} Q=\text{流量}\ (m^3/sec) \\ H=\text{量水堰水位}\ (m) \end{array}\right.$

量（m^3/day）を計算することにする．また流入水温は9時観測，流入濁度は前述のように水深0.6の位置の9時採水を行い濁度を測定する．

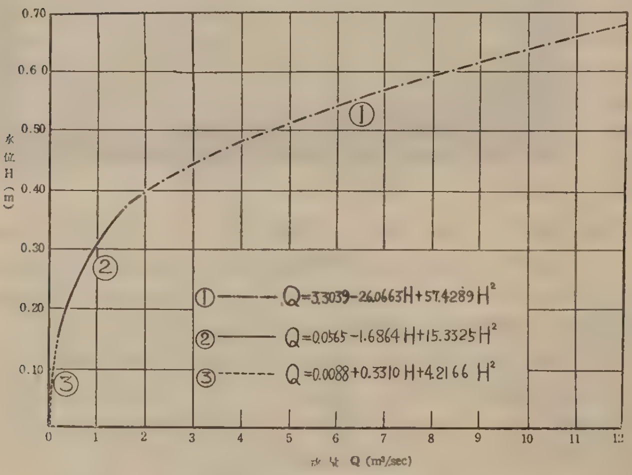
その他貯水池内の流速測定は，主として瓶とアルミ抵抗板を連結した浮子測定法[37]により各層の池内流速を測定し，池内流動状態検討の材料とする．



第8図　川添量水堰横断面図



第9図　川添量水堰



第10図　川添量水堰流曲量線

(d)　密度分布，鉛直安定度による池水流動状態の検討．

貯水池内における密度流の流動状態を検討するに，合田[4]が上水源千苅貯水池を対象に検討した方法を参考にして，水質調査でえた水温，濁度の data を用い以下述べる方法により考察することにする．

いま貯水池内の密度分布，鉛直安定度について考えるにHESSELBERG, SVERDRUP[2]は水の安定度（stability）を単位の鉛直距離における密度差をもつて定義しているが，一般に貯水池内における水の密度ρは，水温θ，浮遊物質濃度C（あるいは濁度T），溶解物質濃度Sおよび水圧Pなどの函数であり，各変数は水深zの函数，密度ρも水深zの函数なるにより，貯水池内鉛直安定度Eを偏微分法により求めると(9)式をうる．ここで貯水池のような淡水では，

$$E=\frac{d\rho}{dz}=\frac{\partial\rho}{\partial\theta}\frac{d\theta}{dz}+\frac{\partial\rho}{\partial c}\frac{dc}{dz}+\frac{\partial\rho}{\partial s}\frac{ds}{dz}+\frac{\partial\rho}{\partial p}\frac{dp}{dz}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

圧力の鉛直的変化が小さく，$\frac{\partial\rho}{\partial p}$ は一般に水深10mごとに密度 5×10^{-5}c. g. sをます程度であるから[4]，水圧により

変化する右辺第4項は，当神内上池（最大水深約23m）程度の水深では一定値に近く，したがつて比較的の値をうる場合無視してもよく，また淡水における溶解物濃度も上下ほゞ一定とみなすと右辺第3項も右辺第1，2項に比して小さく省略しうる．よりて神内上池における鉛直安定度は，温度と浮遊物質濃度のみに左右されるものとすると近似式として⑽式が適用できる．[4]

$$E=\frac{d\rho}{dz}=\frac{\partial\rho}{\partial\theta}\frac{d\theta}{dz}+\frac{\partial\rho}{\partial c}\frac{dc}{dz} \cdots\cdots\cdots(10)$$

次に浮遊物質濃度C（ppm），濁度T（ppm），水温θ(°C)と水塊の密度ρ(c. g. s)の関係をみるに，ρはθのみの函数，すなわちC＝0（orT＝0）なる場合の水塊密度ρ_θは，4°C以上で実験的に⑾式[2][38]なる近似式で示されている．この際水温がθ＝4°C(constant）なる場合における浮遊物質濃度がCなるときの密度ρ_Cは，solidをほゞ均質とみて，その平均比重をσとすると，ρ_Cは⑿式で示され，以上により水塊1lの浮遊物

$$\rho_\theta=1-\frac{6\theta^2-36\theta-47}{10^6} \cdots\cdots\cdots(11)$$

質濃度がC（ppm）で水温がθ（°C）であるときの密度$\rho_{\theta C}$を求める式として⒀式が適用される．[4]

$$\rho_C=1+\left(1-\frac{1}{\sigma}\right)C\times10^{-6} \cdots\cdots\cdots(12)$$

$$\rho_{\theta C}=\left\{1-(6\theta^2-36\theta-47)\times10^{-6}\right\}\left\{1-\frac{C}{\sigma}\times10^{-6}\right\}+C\times10^{-6} \cdots\cdots\cdots(13)$$

いま⒀式の｛　｝を解くと(13′)式 となり，なお高次の無限小項を無視すると⒁式となる．

$$\rho_{\theta C}=1-(6\theta^2-36\theta-47+\frac{C}{\sigma}-C)\times10^{-6}+\frac{C}{\sigma}(6\theta^2-36\theta)\times10^{-12} \cdots\cdots\cdots(13')$$

$$\rho_{\theta C}=1-(6\theta^2-36\theta-47+\frac{C}{\sigma}-C)\times10^{-6} \cdots\cdots\cdots(14)$$

ここで第3報[21]に示した過去における神内上池残存堆砂層理中，上，中，下流3断面（第4図参照）の浮流物質層計16層理について比重を測定し，各層理厚さを weight として求めた各断面浮流物質層の平均比重σを示したのが第1表

第1表　神内上池堆砂（浮流物質層）の比重

堆砂断面	浮流物質層理数	浮流物質全厚さ (cm)	平均真比重(重み付)
A断面（Top-set beds）	6	180	2.07
B 〃（Bottom-set beds）	8	220	2.67
C 〃（　〃　）	2	125	2.73
計　（平　均）	16	525	(2.49)

である．いまその全平均比重σ＝2.49を用いることにし，また前述のようにnを coefficient of fineness とすると浮遊物質濃度Cと濁度Tの関係がC＝nTで示されるから，当神内上池に適用される実用的公式として⒂式がえら

$$\rho_{\theta C}=1-(6\theta^2-36\theta-47-0.598nT)\times16^{-6} \cdots\cdots\cdots(15)$$

れる．そこで⒂式について⑽式により神内上池鉛直安定度Eを求めると⒃式がえられる．

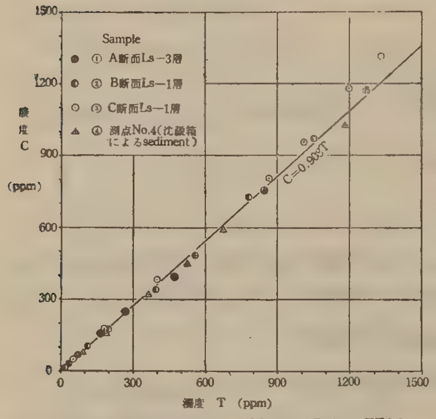
$$E=\frac{d\rho_{\theta C}}{dz}=\left\{(36-12\theta)\frac{d\theta}{dz}+0.598n\frac{dT}{dz}\right\}\times10^{-6} \cdots\cdots\cdots(16)$$

次に⒂，⒃式における浮遊物質濃度C(ppm)は，実測濁度T(ppm)の data によりC＝nTとして決めることになるが，いまnを決めるのに一応第3報[21]に示した神内上池過去の堆砂層理中，(1)上流側A断面（top-set beds）No. 3層理，(2)中流B断面（bottom-set beds）No. 1層理，(3)下流堰堤側C断面（bottom-set beds）No. 1層理なる3浮流物質層（腐植を含む細埴土）および(4)沈澱箱による sediment deposit（第4，5図 No. 4 測点における1956年9月分沈澱物）など（第4図参照）を用いて，C－T曲線を実際的に求めたのが第11図であり，採用 sediment の理学性を示したのが第2表である．この際供試 sediment はできるだけ貯水池における浮遊状態に近づけるため，200 mesh（0.074mm）の篩を通過するsample を用い，蒸溜水により稀釈しながら前述S式濁度計によつて濁度T（ppm）を求め，その時の潮濁水を蒸発乾固して1l中 mg数をもつて浮遊物質濃度Cを ppm で対応させた．この4試料によるC－T関係は大体直線関係にあり，いまC＝nTにおけるnを求めると0.908がえられる．この

第2表　Sediment の理学的性質（C－T曲線採用試料）

No.	供試sediment	層理厚さ (cm)	粒径分布(%) 粗砂 (2～0.25 mm)	細砂 (0.25 ～ 0.05)	微砂 (0.05 ～ 0.01)	粘土 (0.01 以下)	仮比重 (粗密平均)	真比重	孔隙率 (%)	有機物含量 (%)*** Carbon	Humus	色	土性名
1	A断面 (Ls－3層)*	40	2.20	5.80	32.90	59.10	0.81	1.84	55.90	2.29	3.95	暗青色	腐植を含む細埴土
2	B 〃 (Ls－1層)*	100	0.32	0.60	19.46	79.62	0.80	2.76	71.00	1.99	3.43	〃	〃
3	C 〃 (Ls－1層)*	90	0.98	1.70	23.36	73.96	0.92	2.75	66.54	2.66	4.59	〃	〃
4	No. 4 測点 sediment**	10	4.80	32.97	20.43	41.80	0.78	2.47	67.21	2.72	4.69	〃	腐植を含む細埴壌土

註 *: 第3報(21)で調査済の浮流物質層.
**: 沈澱箱（第4図No. 4 測点）による1956年9月分 sediment deposit.
***: TURIN 氏の酸化滴定法による.



第11図　沈澱堆積池泥の濁度と濃度の関係

nの値は，勿論前述の密度ρや鉛直安定度Eに影響をおよぼすことであり，また時期により多少異るのが当然なるも，その詳細な検討は今後沈澱箱による季節別 sediment により行うことにして，一応この値を採用する．

よりて神内上池の場合 n＝0.908を用うると(15)，(16)式はそれぞれ(17)，(18)式のようになつてくる．

$$\rho_{\theta c}=\rho=1-(6\theta^2-36\theta-47-0.54T)\times 10^{-3} \cdots\cdots(17)$$

$$E=\frac{d\rho_{\theta c}}{dz}=\frac{d\rho}{dz}=\left\{(36-12\theta)\frac{d\theta}{dz}+0.54\frac{dT}{dz}\right\}\times 10^{-6} \cdots\cdots\cdots\cdots(18)$$

この(17)，(18)両式から，水質調査でうる水温（θ）および濁度（T）の観測値を用いて密度分布を求め，合田の運動方程式[(4)]（4式）で重要な意義をもつとされる RICHARDSON number Ri（5式）の計算に供し，池水の流動状態変化を検討することにする．それには先ず(17)式により各観測値θ,Tを代入すると計算により密度ρが求まり，密度分布図が画かれ，これにより一応池水の流動状態変化が考察できる．また躍層の流動に対する抵抗は一般に鉛直安定度$E=\frac{d\rho}{dz}$の大小によつて判定できるとされているが，合田[(4)]は浜田[(5)]のあつかつた2次元密度流の運動方程式が成立する場合(1)式の右辺第3項$\overline{\rho' w'}\frac{\partial \bar{u}}{\partial z}$に導入された RICHARDSON number Riの大小によつても一応比較判定できるものとし，このRiは流体の乱れに対する安定度を表現するindexとされている．一般にこの無次元量は$Ri=\frac{\left|\frac{\partial\rho}{\partial z}\right|}{\rho}\frac{g}{\left(\frac{\partial\bar{u}}{\partial z}\right)^2}=\frac{gE}{\bar{\rho}\left(\frac{\partial\bar{u}}{\partial z}\right)^2}$で示され，乱流の存続しうる条件として$Ri<1$（BROOKS, BERGGREN[(4)] はこの限界値は$Ri'=Ri/Ri+1$なるRi'を用い$0\leqq Ri'\leqq 1$を与えており，その他若干異論もある）が与えられているが，この調査では全水域について流速観測が容易にできなく，したがつて$u,\frac{\partial u}{\partial z}$の値がえがたいので，前述観測値の$\theta$,Tから(17)，(18)式により求まる$\rho$,Eあるいはgなる既知数を用いて，一応乱流減衰の限界値$Ri=1$に対応する$\frac{\partial u}{\partial z}$を逆に求めて比較検討することにする．この$\frac{\partial u}{\partial z}$を合田[(1)]は限界速度勾配（critical velocity gradient）Gc と定義し(19)式を誘導し，これは池中のある任意部分で乱流交換が可能か否かの判断に役立つという．

$$Gc=\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)_{crit.}=\sqrt{\frac{gE}{\rho}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(19)$$

このことの意味は開水路乱流における速度分布対数法則が成立する場合について説明されており，結局$U_*=\sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$（摩擦速度friction velocity）に比例する量であるから，一般に乱流で Gc が大となるためには，それだけ大きい shearing stress を生ずる必要があるわけとなる．

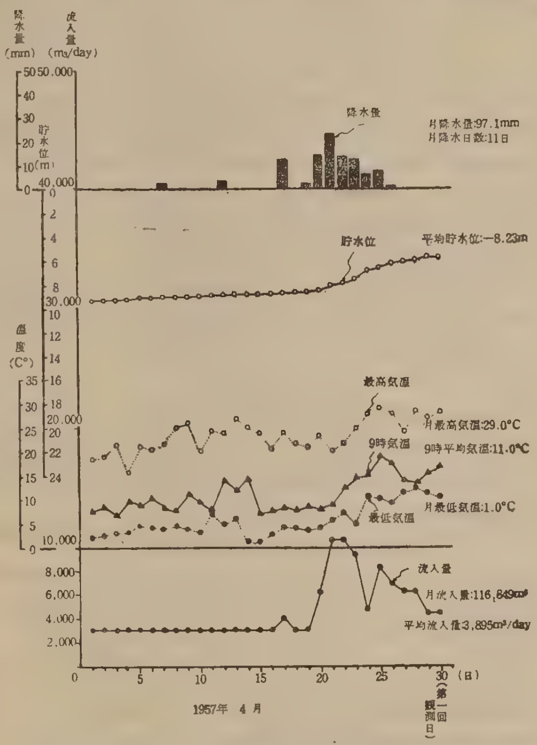
以上により前述各計算値ρ,E を用いて$Gc=\sqrt{\left|\frac{gE}{\rho}\right|}$が計算され，限界速度勾配分布図ができるが，これにより主として池水縦断方向の流動状態について考察する．

(2) 調査結果および考察

(a)第1回（1957年4月30日）調査結果について（第3表，第12，13，14，15，16，17，18，19図参照）．

第1回目観測としては測点No. 1〜No. 7についてそれぞれ各種水質観測を行つた．sediment 調査では，1956年8月末第4図に示す測点No. 1〜No. 6なる6カ所にそれぞれ前述のごとき沈澱箱を設置して観測を始めたが，同年10月上旬急に底樋管を通じて下流側神内池に放水（魚取りを実施）した際沈澱箱若干紛失したので，今回再び測点No. 1，No. 2およびNo. 4なる3カ所最深部に沈澱箱を設置して観測を始めた．

調査日の水文事項をみると（第12図その他参照），貯水池流入量は4,547m³/dayで過去2カ年間平均流入量8,147m³/dayの約½で少く，貯水池水位は満水面下5.83mであり，4月はじめより取水なかつたので3.51m上昇しており，また4月19〜26日にわたる降雨（Max 23.0mm/day）による最高10,635m³/dayの出水が減水し，5月に入りすぐまた降雨によりriseが始つたその谷にあたる．気温は9時17.0°C，最高28.0°C，最低10.0°Cで，観測時（13〜16時）は26〜24.0°Cであり取水はない．流入水質をみると水温は20.6°Cで気温よりも低く，濁度は6.4 ppm，pHは7.0で中性，アルカリ度は25ppmであつた．



第12図 神内上池水文調査（1）

貯水池内における各測点水質観測並びに計算値の結果を表示すると第3表となり，これらから各水質の等値分布図を作製したのがそれぞれ第13図（水温分布図），第15図（濁度分布図），第16図（pH分布図），第17図（アルカリ度分布図），第18図（密度分布図）および第19図（限界速度勾配分布図）となる。

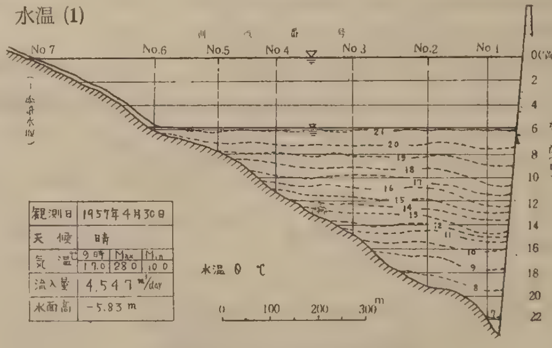
第3表　神内上池水質調査並びに計算表 (1)
（1957年4月30日，晴，気温24〜26°C，貯水位満水面下5.83m）

観測点	水深 (m)	水温 θ(°C)	濁度 T(ppm)	密度 $\rho_{\theta T}$	鉛直安定度 $E=d\rho/dz$	限界速度勾配 $Gc=\sqrt{\lvert gE/\rho\rvert}$	pH	アルカリ度 (ppm)	備考
No. 1	0	20.4	6.7	0.99828806	−0.00006080	0.0244	7.2	22	透明度: 2.90m
	1	20.1	4.3	0.99834886	−0.00014103	0.0373	7.2	26	
	2	19.4	4.9	0.99848989	−0.00015365	0.0388	7.3	27	
	3	18.6	5.0	0.99864354	−0.00005540	0.0233	7.3	30	
	4	18.3	4.6	0.99869894	−0.00031142	0.0552	7.3	30	
	5	16.5	5.3	0.99901036	−0.00006411	0.0250	7.1	30	
	6	16.1	5.8	0.99907447	−0.00032944	0.0568	7.1	32	
	7	13.8	5.1	0.99940391	−0.00011114	0.0330	7.1	33	
	8	12.9	3.9	0.99951505	−0.00026815	0.0512	7.2	34	
	9	10.3	3.6	0.99978320	−0.00005790	0.0238	7.2	33	
	10	9.6	2.7	0.99984110	−0.00003788	0.0192	7.1	33	
	11	9.1	2.3	0.99987898	−0.00002838	0.0166	7.1	33	
	12	8.7	2.4	0.99990736	−0.00005088	0.0223	7.1	32	
	13	7.9	2.4	0.99995824	−0.00000625	0.0078	7.0	33	
	14	7.8	3.2	0.99996449	−0.00000564	0.0074	7.0	31	
	15	7.7	3.1	0.99997013	−0.00000988	0.0098	7.1	33	
	15.5	7.6	1.9	0.99997507			7.1	32	

No. 2	0	20.6	5.6	0.99824546	−0.00041630	0.0639	7.2	26	透明度: 2.80m
	1	20.4	4.9	0.99828709	−0.00020285	0.0446	7.3	30	
	2	19.4	5.0	0.99848994	−0.00021127	0.0455	7.3	30	
	3	18.3	8.8	0.99870121	−0.00017695	0.0413	7.1	32	
	4	17.3	7.6	0.99887816	−0.00022649	0.0471	7.0	30	
	5	15.9	3.9	0.99910465	−0.00013635	0.0366	7.0	30	
	6	15.0	7.4	0.99924100	−0.00017544	0.0415	7.0	32	
	7	13.7	4.4	0.99941644	−0.00022126	0.0466	7.0	34	
	8	11.8	2.1	0.99963770	−0.00013604	0.0365	7.1	32	
	9	10.4	2.4	0.99977374	−0.00005981	0.0242	7.1	34	
	10	9.7	3.5	0.99983355	−0.00005913	0.0240	7.0	32	
	11	8.9	1.0	0.99989268	−0.00004135	0.0201	7.0	32	
	12	8.3	2.9	0.99993403	−0.00002518	0.0157	6.9	33	
	13	7.9	4.2	0.99995921			6.9	34	
No. 3	0	20.7	5.5	0.99822423	−0.00012658	0.0353	7.2	26	透明度: 2.70m
	1	20.1	7.9	0.99835081	−0.00007971	0.0279	7.2	26	
	2	19.7	5.3	0.99843052	−0.00017615	0.0416	7.1	26	
	3	18.8	6.5	0.99860667	−0.00035466	0.0589	7.0	28	
	4	16.8	5.5	0.99896133	−0.00011363	0.0334	7.0	28	
	5	16.1	6.7	0.99907496	−0.00018048	0.0412	6.9	28	
	6	14.9	7.6	0.99925544	−0.00024696	0.0492	6.9	34	
	7	13.0	2.6	0.99950240	−0.00008198	0.0284	6.7	35	
	8	12.3	4.3	0.99958438			6.7	37	
No. 4	0	20.8	6.3	0.99820336	−0.00010552	0.0322	7.2	25	透明度: 2.50m
	1	20.3	6.7	0.99830888	−0.00014330	0.0375	7.0	28	
	2	19.6	8.4	0.99845218	−0.00026544	0.0511	7.1	25	
	3	18.2	5.3	0.99871762	−0.00015903	0.0395	7.1	26	
	4	17.3	4.8	0.99887665			7.0	30	
No. 5	0	20.5	7.4	0.99826750	−0.00000030	0.0017	7.3	24	透明度: 2.00m
	1	20.5	8.0	0.99826780			7.0	28	
No. 6	0	21.4	6.6	0.99807320			7.1	24	
No. 7	0	20.6	6.4	0.99824589			7.0	25	

まず水温の鉛直分布をみると（第13図参照），成層化が相当進んでおり，流入水温は約21°Cで気温よりやや低いが，表層水温は全域にわたつて流入水温とほゞひとしく，堰堤付近最深部で最低7〜8°Cを示しこの間（約16m）にわたり，大体正列成層（direct stratification）の水温鉛直傾度 $\frac{d\theta}{dz}$ を示している．次に躍層（thermocline）について考えてみるに，通常天然湖沼においては，その夏季水温の鉛直分布を鉛直傾度 $\frac{d\theta}{dz}$ により3段に分類している(2)(3)．すなわち

水温 (1)



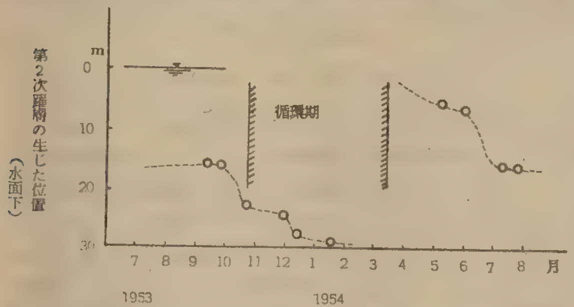
第13図 神内上池水温分布図(1)

i 表水層（epilimnion）：表面から5〜20mまでの $\frac{d\theta}{dz}$ が小さくほとんど同温層（homotherm）をなす部分で，この層では渦動（eddy）が最も著しく発達し，表面に起る蒸発や夜間の冷却に伴う対流などのため，輻射により生じた指数曲線的水温鉛直分布が攪乱されて等温に近くなる．

ii 変水層（metalimnion）または水温躍層（thermocline）：深さ5〜20m範囲に存在する，対流や渦動（また擾動 turbulence）が著しく弱まる限界層であり，RICHTER（1889）が Wörthersee 湖において初めて顕著なものを発見し躍層と命名した．その後BEHRENS（1914）は水質も変化することから変水層と称した．普通躍層は一つであるが，深い時にはULE（1901）によると，主躍層（1次躍層 Primäre Sprungschicht）の上層すなわち表水層中に小さな躍層（2次躍層 Sekundäre Sprungschicht）を生じ，また HERGESELL，LANGENBECK（1892）は

２次躍層の如きが沢山でき，それが融合して一次躍層となるとした．これに関して，わが国湖沼においてもたとえば中部地方の青木湖[44]や南九州の池田湖[44]あるいは野尻湖[43]において第２次躍層の存在が認められている．たとえば野尻湖の例をみると，躍層は春先き表面近くにできるが，たちまち擾乱作用で下層におし下げられ下層に小躍層ができる．しかし表層水温の上昇に伴い安定度が次第に大となり第２次躍層は上層に止り下降しなくなる．これに第２，第３の２次躍層が融合して浅部に大きな主躍層を形成するに至る．しかしやがて放熱期に入り部分的循環が盛になると次第に下層に移動して小さくなり遂に底部において消失する．

これら湖沼に比較して人工貯水池における第２次躍層の位置変化は著しく異る現象が認められている．たとえば小島[43]による東京都山口貯水池（上水）においては，表層に生じた躍層は次第に下層に移行し遂に底層に達して小さくなり消失する．また表層に別の躍層が生じ前述の移行が反復され，湖沼におけるような１年周期を何回か繰返し，とくにこれは渇水期前後に起るという．また完全循環期に入る際は躍層は次第に上方に移行し表層において消失するという．その他合田[4]の神戸市千苅貯水池（上水）や田中[40]の三浦貯水池（発電）における調査でも，湖沼におけるそれと異る第２次躍層の位置変化が認められている．たとえば千苅貯水池では第２次躍層の生ずる位置は，夏季の位置を原点とすると第14図（合田[4]原図）のように一種の周期函数として表わされ，前述各湖沼，貯水池におけるものと大いに異るとしている．

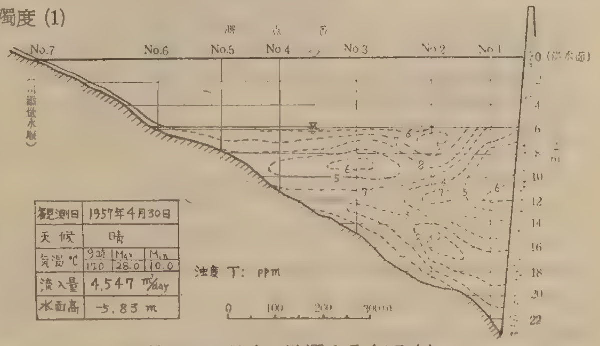


第14図　千苅貯水池における第２次躍層位置の周期変化（合田）

iii　深水層（hypolimnion）：変水層より底部までの層で水温鉛直傾度 $\frac{d\theta}{dz}$ が再び小さくなり，したがつて鉛直安定度 $\frac{d\rho}{dz}$ も小さく，再び渦動が発達するが表層水のごとき盛んな混合が起らない．ほとんど等温，静止状態の層である．

わが国かんがい用貯水池における躍層の位置は，一般に水深３〜10mであり４〜７mぐらいのものが多いといわれているが[41]，今回観測では躍層の発達があまり明瞭でなく，とくに表水層の存在が明らかでない．ただ深水層の存在が測点No.１，No.２における深さ９m付近頃から認められるようで，これから躍層上限を表面付近としてその下限を９mとすると，各測点における躍層の水温鉛直傾度 $\frac{d\theta}{dz}$ は，１mにつき測点No.１で0.3〜2.6（平均1.12）°C，No.２で0.2〜1.4(平均1.02)°C，No.３で0.3〜2.0（平均1.04）°C，No.４で0.5〜0.9（平均0.73）°Cとなり，総平均0.98°Cで自然湖沼の平均１mにつき２°C[2][40]に比べて小さい．このように躍層の水温傾度が自然湖沼のそれに比較して小さいのは，躍層内の対流や擾動が自然湖沼に比して著しいことを暗示するものといえよう．

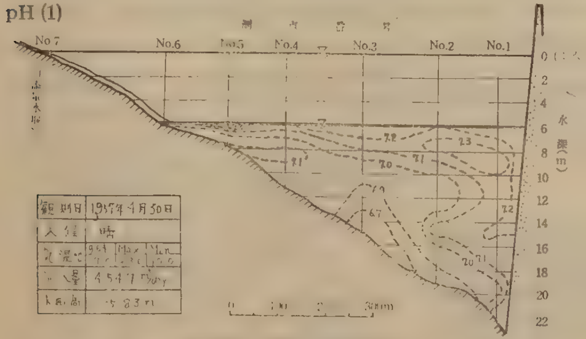
濁度 (1)



第15図　神内上池濁度分布図 (1)

濁度についてみると（第15図参照），４月流入が少かつたため全域にわたり低く Min. 1.0〜Max. 8.8 ppm 程度で一般に池水は清澄であるが，それでも若干鉛直並びに縦断方向に差があり，堰堤近く深水層において若干低い傾向がみられる．

pH (1)



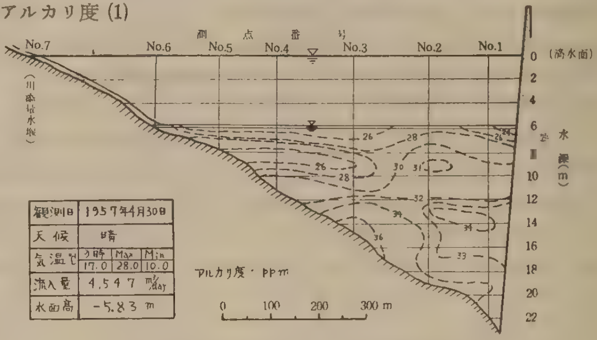
第16図　神内上池PH分布図 (1)

pHについては（第16図参照），流入pH 7.0で中性であるが，池内においては全域6.7〜7.3の範囲で，大体上層

高く下層が低い傾向をおび，pHの成層がやや進展しつつある傾向がみられる．この際測点No. 3 下層部において，とくにpH＝6.7〜6.9なる低い層がみられるのは，主として分割流域Ⅵ（広田池を含む）からの流入水の影響によるものと考えられる．

アルカリ度は(第17図参照)，流入水25ppmに対して池内においては22〜37 ppm の範囲であるが，PH分布と大体逆傾向の分布状態を示し，上層が低く，下層が高い傾向がみられ，おなじく測点No. 3 下層部において35〜37 ppm なる1部高い層がみられる．

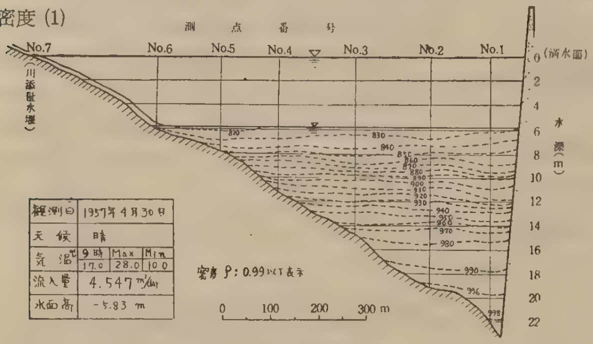
アルカリ度 (1)



第17図　神内上池アルカリ度分布図 (1)

次に密度分布であるが，密度$\rho_{\theta T}$あるいは密度勾配すなわち鉛直安定度$E=\dfrac{d\rho_{\theta T}}{dz}$は，水温$\theta$，濁度Tの data を用いて(17)，(18)式により比較的正確に算出することができた（第3表，第18図）. その密度分布図（第18図）をみると，濁度は大体全域にわたり10ppm 以下で小さくあまり差がなく清澄なるにより，密度は主として温度差にもとづくため，水温分布とほとんどおなじ成層状態をなし，この密度分布からも躍層が，深さ0〜9 mの範囲にあることが察せられる（この際密度分布図では，たとえばρ＝0.9999700の場合0.99以下のみを表示し，997としてあるが，以下おなじ表示をする）．その内容をみると，密度ρは表層がMin で約0.99820，堰堤付近深水層では大となり約0.99998に達しており，その密度勾配をみると，深さ1 m当り測点No. 1 （6〜329）×10^{-6}，No. 2 （25〜416）×10^{-6}，No. 3 （82〜247）×10^{-6}，No. 4 （106〜265）×10^{-6}，No. 5 (0.3)×10^{-6}であるが，躍層0〜9 mの範囲では，各測点を通じて大体100×10^{-6}以上かなり強い密度勾配を示している．

密度 (1)

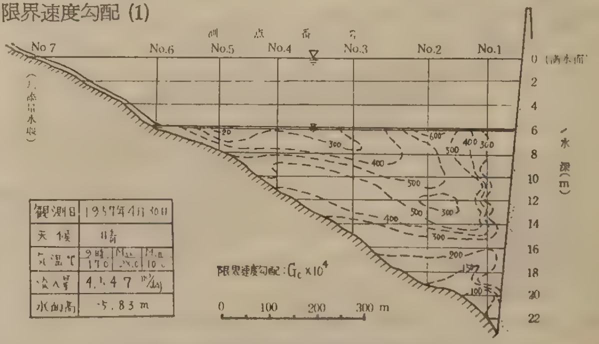


第18図　神内上池密度分布図 (1)

このように水温や密度の成層状態がかなり顕著であり，しかも鉛直安定度Eの値も躍層範囲においてかなり強いので（Eが大であるとその部分の流動の energy は減耗するから），流入水は等密度層（この際濁度の影響はほとんどないものとみると等水温層とみてよい）に沿つて表層付近を成層流（stratified flow）として流れ次第にその流動厚さをまして行く傾向が考えられる．

次にRICHARDSON number Ri を用いて躍層の流動に対する抵抗を考察してみよう．前述(19)式により各観測に対する限界速度勾配Gc を計算したのが第3表に示してあり，また第19図では各測点での計算値に$10^4 sec^{-1}$を乗じた値を記入してある．これらをみると，Gc は測点No. 1 （0.007〜0.057）sec^{-1}，No. 2 （0.016〜0.064）sec^{-1}，No. 3 （0.028〜0.059）sec^{-1}，No. 4 （0.032〜0.051）sec^{-1} No. 5 は0.002 sec^{-1}でとくに低いが，躍層0〜9 m範囲内では大体(0.030〜0.060）sec^{-1}で相当高い値をもつておる．流入水は少くあまり乱れの energy をもつておらないので，混合はあまり行われず，表層に沿つて流動し，測点No. 5（水温高く，密度小で Gc 僅か0.002であり，いわゆる池水と流入水の demarcation zone があらわれているものと

限界速度勾配 (1)



第19図　神内上池限界速度勾配分布図 (1)

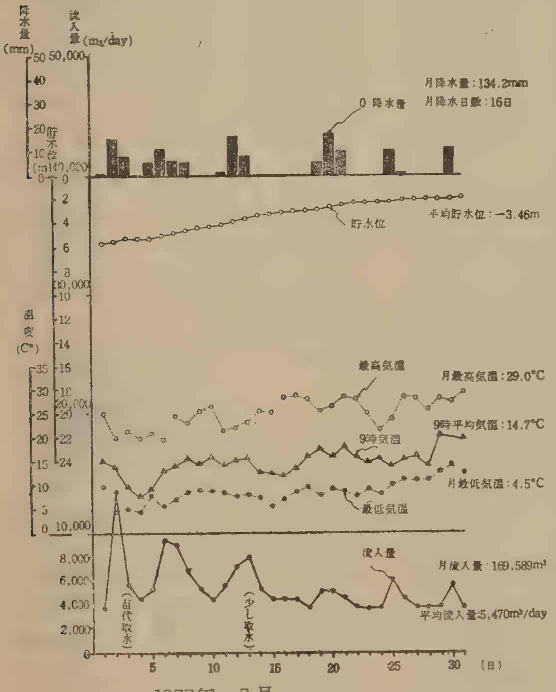
考えられる）付近より若干表層近くの stratified flow として潜行し，この間若干の混合により稀釈や熱交換によつて流動厚さをまし，一方貯水位低く，流入のみで取水や余水吐よりの over flow がないため，堰堤に突き当つて乱れながらはい上り，表層において上流側に向け若干逆向流の傾向があるのではないかと考えられる．

最後に透明度をみると，上流側より測点 No. 5 (2.00m)，No. 4 (2.50m)，No. 3 (2.70m)，No. 2 (2.80m)，No. 1 (2.90m) となり，下流側堰堤に近づくにつれ若干池水は澄んでくる傾向がみられ，その上下流較差は0.90mであるが，これは主として水深の大小や水質とくに物理，化学，生物的浮遊物質，溶解物質の多少が影響したものと考えられる.(45)

以上第1回観測について若干考察したが，以後の各観測を通じその周年変化をみる際再考することにする.

(b) 第2回 (1957年6月4日) 調査結果について (第4，5，6表，第20，21，22，23，24，25，26図参照)

今回は，観測点No. 1，2，4，6，7について各水質調査，No. 1，No. 2，No. 4について沈澱箱による esdiment 調査，およびNo. 3，No 5については透明度のみの観測を行つた.



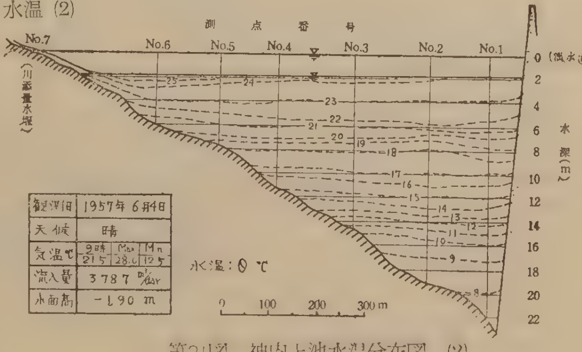
1957年　5月
第20図　神内上池水文調査 (2)

調査日の水文事項をみると (第20図その他参照)，5月末より6月4日まで降雨なく，流入量は3,787 m³/dayで前回よりも少く，貯水位は5月中苗代用として若干取水したのみで上昇を続け，満水面下1.90mに達している．気温は9時21.5°C，最高28.0°C，最低12.5°Cで，観測時(12〜15時)は26.0〜28.0°Cである．4月と5月の水文を比較すると，降雨は4月97.1mm(11日) に対し5月は134.2mm (16日) で多く，月の大半が雨のため4月最高気温29.0°C，最低気温1.0°C，9時平均気温11.0°Cに対して，5月では最高気温29.0°C，最低気温4.5°C，9時平均気温14.7°Cとなり気温もさほど上昇していない．また5月流入量も雨のため4月より多く，4月116,849m³/month (平均流入量3,895m³/day) に対し，5月169,589m³/month (平均流入量5,470 m³/day) で若干多く，したがつて平均貯水位も4月で満水面下8.23mに対し，5月では3.46mに上昇している.

観測日の流入水質をみると，水温23.0°Cで気温より低いが，前回より幾分上昇しており，濁度は2.4ppmで前回よりやや低く，pHは7.1で中性に近く大差なく，アルカリ度は35ppmでやや高くなつている.

今回の各測点における水質観測並びに計算値の結果を表示したのが第4表であり，その各水質の等値分布図を作製したのが，それぞれ第21図 (水温分布図)，第22図 (濁度分布図)，第23図 (pH分布図)，第24図 (アルカリ度分布図)，第25図 (密度分布図)，第26図 (限界速度勾配分布図) である.

まず水温鉛直分布をみると (第21図参照)，水温成層の発達がかなり著しく，流入水は気温より冷く23.0°Cであるが，表層水は24〜26°C (これは観測を測点No. 1から上流に向つて行つたための時間的ずれがあるため日中



第21図　神内上池水温分布図 (2)

強い太陽輻射による）で気温に近づいている．また堰堤付近最深部で8.0°C以下に下り，この間（約21m）にわたり夏季型の正列成層をなしている．いまその各測点における鉛直面内Max.Min. の水温較差を，前回（4月30日）の場合と比較してみると，前回は測点No.1（12.8°C），No.2（12.7°C），No.3（8.4°C），No.4（3.5°C），No.5～No.6（0°C）に対して，今回は水深が3.93m上昇したとはいえ水温較差が測点No.1（15.5°C），No.2（15.5°C））No.4（8.7°C），No.6（5.5°C）となり，較差の増大がみられる．

第4表　神内上池水質調査並びに計算表 (2)

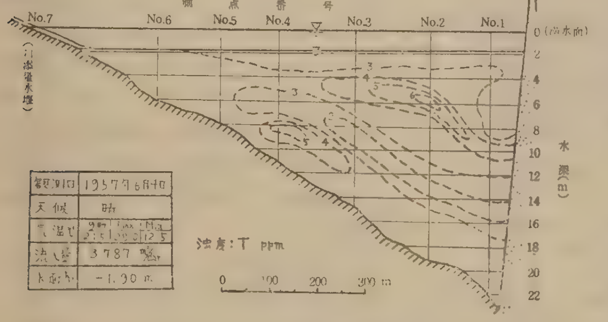
（1957年6月4日，晴，気温26～28°C，貯水位満水面下1.90m）

観測点	水深 (m)	水温 θ(°C)	濁度 T(ppm)	密度 $\rho_{\theta T}$	鉛直安定度 $E=d\rho/dz$	限界速度勾配 $Gc=\sqrt{\lvert gE/\rho \rvert}$	pH	アルカリ度 (ppm)	備考
Mo. 1	0	23.3	2.9	0.99763011	—0.00004840	0.0216	7.4	26	透明度: 4.40m
	1	23.1	2.9	0.99767851	—0.00007203	0.0266	7.4	26	
	2	22.8	3.3	0.99775054	—0.00007202	0.0262	7.3	26	
	3	22.5	2.3	0.99782074	—0.00022816	0.0473	7.3	25	
	4	21.5	2.6	0.99804890	—0.00027852	0.0522	7.3	25	
	5	20.2	2.7	0.99332742	—0.00021989	0.0465	7.3	24	
	6	19.1	2.9	0.99854731	—0.00018720	0.0429	7.2	24	
	7	18.1	2.9	0.99873451	—0.00019281	0.0435	7.1	24	
	8	17.0	4.3	0.99892732	—0.00017727	0.0416	7.1	25	
	9	15.9	3.8	0.99910459	—0.00011962	0.0343	7.1	27	
	10	15.1	3.1	0.99922421	—0.00017830	0.0418	7.1	32	
	11	13.8	2.5	0.99940251	—0.00014683	0.0379	7.0	32	
	12	12.6	2.4	0.99954934	—0.00013914	0.0369	7.0	32	
	13	11.3	1.5	0.99968848	—0.00010256	0.0317	7.1	34	
	14	10.2	2.0	0.99979104	—0.00006566	0.0254	7.1	33	
	15	9.4	2.7	0.99985670	—0.00005792	0.0238	7.0	32	
	16	8.6	3.3	0.99991462	—0.00000682	0.0082	7.2	32	
	17	8.5	3.6	0.99992144	—0.00003183	0.0177	7.2	30	
	18	8.0	4.2	0.99995327	—0.00001230	0.0110	7.3	30	
	19	7.8	5.2	0.99996557			7.0	31	
No. 2	0	24.0	2.8	0.99745651	—0.00012445	0.0349	7.4	26	透明度: 3.85m
	1	23.5	2.7	0.99758096	—0.00012134	0.0345	7.3	26	
	2	23.0	3.4	0.99770230	—0.00011941	0.0342	7.3	27	
	3	22.5	4.1	0.99782171	—0.00011658	0.0338	7.3	27	
	4	22.0	6.1	0.99793829	—0.00060950	0.0773	7.3	27	
	5	19.1	3.8	0.99354779	—0.00018709	0.0429	7.2	26	
	6	18.1	3.6	0.99873488	—0.00005371	0.0230	7.1	26	
	7	17.8	3.4	0.99878859	—0.00013814	0.0368	7.1	26	
	8	17.0	3.2	0.99892673	-0.00014645	0.0379	7.0	26	
	9	16.1	3.4	0.99907318	—0.00016522	0.0403	7.0	29	
	10	15.0	2.6	0.99923840	—0.00013762	0.0367	7.1	31	
	11	14.0	1.9	0.99937603	—0.00017304	0.0412	7.1	33	
	12	12.6	1.9	0.99954907	—0.00021605	0.0460	7.0	33	
	13	10.5	3.0	0.99976512	—0.00006006	0.0243	7.1	32	
	14	9.8	3.0	0.99982518	—0.00005439	0.0231	7.0	32	
	15	9.1	3.4	0.99987957	—0.00003532	0.0186	7.2	31	
	16	8.6	3.8	0.99991489	—0.00000666	0.0081	7.0	30	
	17	8.5	3.8	0.99992155			7.0	31	
No. 3	水質観測欠								透明度: 3.80m
No. 4	0	24.5	2.6	0.99732890	—0.00025200	0.0498	7.3	21	透明度: 3.60m
	1	23.5	2.6	0.99758095	—0.00009777	0.0310	7.2	30	
	2	23.1	3.2	0.99767867	—0.00007171	0.0265	7.2	27	
	3	22.8	3.0	0.99775033	—0.00034252	0.0580	7.2	27	
	4	21.3	2.3	0.99309290	—0.00019294	0.0435	7.1	30	
	5	20.4	2.6	0.99828584	—0.00041343	0.0637	7.1	30	
	6	18.3	5.2	0.99869927	—0.00005454	0.0231	7.1	29	
	7	18.0	5.2	0.99375381	—0.00025569	0.0501	7.0	27	
	8	16.5	3.7	0.93900950	—0.00011003	0.0329	7.1	26	
	9	15.8	2.9	0.99911953			7.0	28	
No. 5	水質観測欠								透明度: 3.80m

No. 6	0	26.0	3.0	0.99692862	−0.00052827	0.0721	7.1	24	透明度: 4.30m
	1	24.0	3.5	0.99743683	−0.00012434	0.0350	7.1	28	
	2	23.5	3.2	0.99758123	−0.00040107	0.0628	7.1	30	
	3	21.8	3.6	0.99798230	−0.00028287	0.0527	7.1	29	
	4	20.5	3.1	0.99826517			7.0	28	
No. 7	0	23.0	2.4	0.99770229			7.1	35	

また水温の鉛直傾度 $\frac{d\theta}{dz}$ からその鉛直分布をみると，表水層の存在が深さ0～3 m範囲に認められるようで，また深さ14m付近から深水層になる傾向がみられる．この間3～14mにおいて第1次躍層(約3～6 m)と第2次躍層(約8～14m) なる2つの躍層の存在が認められる．いま第1次躍層上限3 mから第2次躍層下限14mの範囲内における水温傾度をみると，測点No. 1 0.8～1.3 (平均1.12)°C，No. 2 0.3～2.9 (平均1.17)° C，No. 4 0.3～2.1 (平均1.17)° Cとなる．また第1次躍層内では測点 No. 1 1.0～1.3 (平均1.15)°C，No. 2 0.3～2.9 (平均1.40)°C，No. 4 0.9～2.1 (平均1.50)°Cとなり変曲点 (inflexion layer)[2] …傾度極大の1 mの層…はNo. 1 で水深4～5 m，No. 2 で3～4 m，No. 4 で5～6 mの層にみられる．第2次躍層内では $\frac{d\theta}{dz}$ が測点No. 1 0.8～1.3 (平均1.13)°C，No. 2 0.7～2.1(平均1.17)°C，No. 4 で0.7°Cとなり変曲点はNo. 1 で深さ12～13m，No. 2 で11～12m層にみられる．これら水温鉛直傾度も前回より一般に増大しているが (Max 値2.9°C)，その総平均値 (1.27°C) においては，なお自然湖沼のそれに比べて小さい．

濁度 (2)

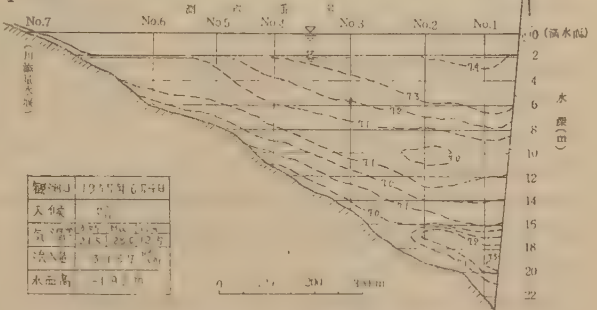


第22図　神内上池濁度分布図 (2)

濁度についてみると (第22図参照)，前回とおなじく全域にわたり1.5～6.1ppm程度で低く，相変らず池水は清澄であるが，それでも鉛直並びに縦断方向に若干の差があり，池底勾配に沿つた濁度成層進展の傾向がみられる．

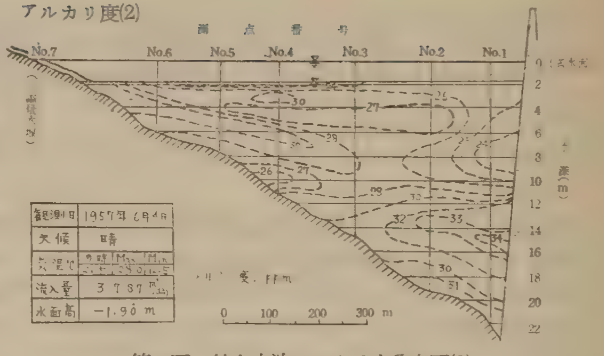
pHについては (第23図参照)，流入水pH＝7.1で中性に近いが，池内では全域にわたり7.0～7.4の範囲で大体上層高く下層が低い池底勾配に沿つた成層化の進展が認められ，流入水pH＝7.1に相当する層が池底に沿つて下降し，水温分布でみられる第1次躍層と第2次躍層の中間層付近 (6～10m) に浸入定着している傾向がうかがえる．またそれ以下は大体7.0～7.1の範囲にあるが堰堤近くの深水層に入ると7.2～7.3なるpHの逆転層がみられる．この際流入水pHは7.1で中性に近いが，表層高温部でとくにpHが7.2～7.4のように高くなつていることは，高温による池水蒸発作用と，Co_2の溶解度にも関連しているものといえよう．また水温のごとく割合顕著な成層状態をなすことは，生物繁殖状態 (プランクトン)，溶存成分 (カチオン，アニオンの組合せ)，太陽光線による光化学反応，各種鉱酸塩の炭酸塩化，酸化，還元，加水分解に伴う化学反応，あるいは諸生物，細菌による生化学的現象などの影響もあろうが，この際神内上池においては，主としてCo_2とCo_3''との平衡関係[2][4]によりて説明できるだろう．すなわちCo_2が水にとける時には大気中のCo_2と一定の分配率にしたがうものであり，大気に曝された水面が高温になるとき，Co_2を失い易く，したがつてpH価が大となりアルカリ性が高く，逆に深層では水圧が大で，また水温の正列成層により低温となるのでCo_2保持力が増大され，したがつてpH価が小となり酸性が高くなることになる．

pH (2)



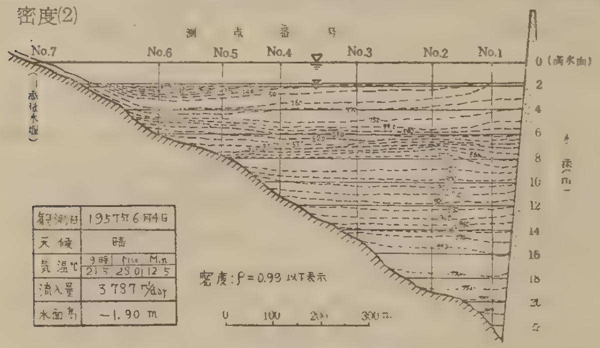
第23図　神内上池PH分布図 (2)

アルカリ度は（第24図参照），流入水35ppmに対して，池内においては21～34ppmの範囲にあるが，pHのようにあまり成層化が進んでおらず，ただ流入後pHとおなじように，水温の第1次躍層と第2次躍層の中間層に下降浸入している傾向がみられ，また堰堤付近深水層において高アルカリ度（33～34ppm）の層が若干認められる．



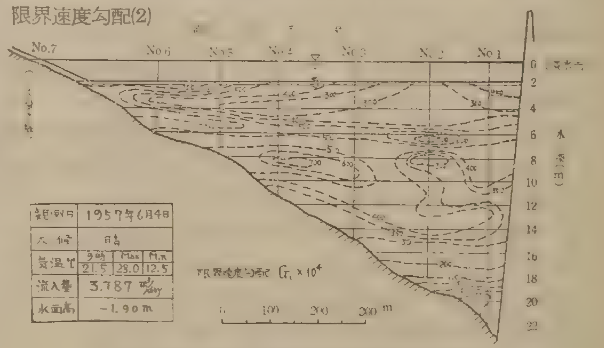
第24図　神上内池アルカリ度分布図(2)

次に密度分布であるが，（第25図参照），今回も前回とおなじように，濁度は全域にわたり小さく大差ないことから，密度は主として水温差にもとづくことになり，前述水温分布（第21図参照）とおなじく顕著な成層状態を示しており，この分布からも第1次躍層（3～6m）と第2次躍層（8～14m）の存在が明瞭になる．密度は Min. 表層で0.99700から Max. 最深部0.99997にわたつており，密度勾配 $\frac{d\rho}{dz}$ は深さ1m当り測点No.1（7～279）×10^{-6}，No.2（7～610）×10^{-6}，No.4（54～256）×10^{-6}，No.6（124～528）×10^{-6}であるが，その躍層部分の平均鉛直安定度Eは，第1次躍層で測点No.1（242×10^{-6}），No.2（304×10^{-6}），No.4（316×10^{-6}）となり，また第2次躍層で測点No.1（134×10^{-6}），No.2（150×10^{-6}）となり，一般に第2次躍層の安定度より第1次躍層の安定度が約2倍強大となり，また上流側ほど安定度が大となつている傾向がうかがえる．



第25図　神内上池密度分布図(2)

おなじく限界速度勾配Gcについてみると（第26図参照），測点No.1（0.003～0.052）sec^{-1}，No.2（0.008～0.077）sec^{-1}，No.4（0.023～0.064）sec^{-1}，No.6（0.035～0.072）sec^{-1}の範囲であるが，密度勾配とおなじく躍層部分において第1次躍層が第2次躍層よりGcが強大であることがうなづける．



第26図　神内上池限界速度勾配分布図(2)

以上のように，前回（4月30日）より安定度Eや限界速度勾配Gcの値が，とくに躍層の部分において強大になつているのは，主として流入水があまり大きくなかつたこと，気温上昇，貯水池水位の上昇などの影響があげられるだろう．

この場合の流動について考えてみるに，流入水は安定度の高い第1次躍層の上部表層近くの等密度層（この場合等水温層）をstratified flowとして流れるが，各水質分布図でわかるように，安定度の高い躍層部において若干混合，熱交換が行われ，そのため躍層部の安定度が弱まり，流入水の1部は池底に平行に斜下向きに流過し，再び高安定度の第2次躍層部にあたつて，第1次と第2次躍層の比較的安定度の小さい中間層付近に落着いたのではないかと考えられる．

透明度については，測点No.1（4.40m），No.2（3.85m）No.3（3.80m），No.4（3.60m），No.5（3.80m），No.6（4.30m）で水深変化（貯水位上昇）にもよるが，前回より若干池水が澄んだ傾向がうかがえる．

最後に sediment 調査の結果を示したのが，第5表であり，5月は半月は雨であつたが，降雨強度大なる降雨がなかつたため，濁濁質の流入沈澱があまり顕著でなかつたことを示している．この際上流側から下流側にかけてその沈澱厚さ，沈澱量が減じているのは，主として比較的粗粒部分が上流側で早く沈降したことになり，このことからも，神内上池における sediment は湖沼で考えられる生物起源の有機性沈澱物より，外部より運び込まれる無機性沈澱物が，その大部を占めることがうかがえる．ちなみに自然湖沼における沈澱量の例を示すと第6表[42]のようで，今回の観側値は湖沼における夏季の沈澱量（g m² day）に大体近似している，しかしかかる人工[21]貯水池では，一旦洪水の際は相当量の sediment があるものと考えられ，筆者の当池過去の堆砂鉛直断面の調査による

第5表　沈　澱　堆　積　量 (1)

（1957年5月1日～6月4日，35日間）

観測点	全沈澱量 (g/m²)	平均日沈澱量 (g/m²/day)	沈澱厚さ (cm)	備考
No. 4	250.000	7.143	0.154	沈澱箱（第7図参照）による．
No. 2	49.660	1.419	0.054	
No. 1	36.550	1.044	0.039	

第6表　湖　沼　に　お　け　る　沈　澱　量（西条）

（沈澱瓶によるもの）

湖沼	期間	沈澱量 (g/m²/day)	有機性沈澱物量 (%)	無機性沈澱物量 (%)
青木湖	1953年　6～7月	7.6	61.8	38.2
	7～8月	4.6	61.5	38.5
木崎湖	1953年　6～7月	3.8	34.2	65.8
	7～8月	5.9	23.7	76.3
	8～12月	3.3	39.5	60.5
中綱湖	1953年　6～7月	11.1	11.7	88.3
	7～8月	14.8	2.8	97.2
	8～12月	13.3	6.8	93.2
榛名湖	1950年　7～8月	3.3	93.1	6.9
諏訪湖	1949年　8月	102.0	62.7	37.3
	1950年　2月	28.0	57.1	42.9

と，浮流物質層で最大100cm，掃流物質層で最大80cmなる層理厚さが観測され，また1956年9月における沈澱箱による調査でも沈澱厚さ約10cmなる結果がえられたことから，貯水池における sedimentation の問題解決は，極めて重要な課題であると大言できるだろう．

（以下次号）

第9巻第1号　正　誤　表　吉　良　八　郎

		誤	正
15頁	上から6行目	ρ'は主として$\frac{\partial\overline{\rho'}}{\partial x}$	ρ'は主として$\frac{\partial\overline{\rho'}}{\partial z}$
16頁	上から12行目	これ＿鉛直安定度	これを鉛直安定度
	上から14行目	などに＿し	などに比し
16頁	(6)式右辺	$=\frac{\eta\rho i\overline{Ri}}{g}\left(\frac{\partial\bar{u}}{\partial z}\right)^3$	$=\frac{\eta_\rho Ri}{g}\left(\frac{\partial\bar{u}}{\partial z}\right)^3$
17頁		図 2	第2図

池　泥　の　研　究

V 微細土粒の組成

玉置鷹彦，星川玄児

Studies on pond mud. V Composition of fine soil particles.

Takahiko TAMAKI and Genji HOSHIKAWA (Laboratory of Science of Soil and Manure)

(Received July 30, 1957)

前報[3-6]に引きつづき我々は池泥の微細土粒を粒径別に３部分に分別採取し，その全量およびこれを形成している有機，無機部分の量的関係等について実験を行つたのでここに報告する．なお実験には田村勇君の協力を得たことを感謝する．

I 供試試料

既報[3]の池泥表層土試料中から試料番号109，111，120，130，136，146，157，319，336，337，455，458，531，656，657の15点を選んだほか第１表に示す表層土１点，下層土６点を加え，合計22点を供試した．なお今回新に供試した試料も既報[3]の試料と同様，1944〜1945年に我々の一人玉置が採集したものである．また池泥採取地名は現在町村合併により変更しているものが多いが，便宜上採取当時の町村名によつた．

第１表　供試池泥の採取地名

試料番号	郡名	町村名	池名	表層土下層土別
116	木田	東植田	城	表層土
41	大川	鶴羽	深田	下層土
110	木田	井戸	熊内	〃
319の2	香川	多肥	住連寺	〃
502	綾歌	多度津	新	〃
516	仲多度	竜川	前	〃
614	三豊	高室	宮	〃

II 実験方法

1　土粒のフラクション別全量の定量

風乾細土10ｇを蒸発皿にとり10％アンモニア水約５mlを加えてよくこねた後，水（イオン交換樹脂によつて塩類の大部分を除去した水で，以下便宜上清浄水とよぶ）約100mlを加え，30分間加温した後，振とう用容器へ内容物を移し清浄水で約250mlにして２時間振とうした．振とうが終つてから内容物を１Ｌ容ビーカーに移し清浄水を加えて約１Ｌにして土粒を分散した後，沈定法[1]により粒径10μ以下，5μ以下，2μ以下の３フラクションに分別してそれぞれ50mlづつをとり，そのおのおのを蒸発乾固した後100°Ｃで乾燥し，冷却後秤量してその重量を求め，これから差引計算による10−5μ，5−2μ各フラクションの量，および実測による2μ以下のフラクションの量から，各フラクションの細土100ｇに対する全量を求めた．

2　フラクション別有機，無機分の定量

１によつて得たフラクション別土粒全量に６％H_2O_2 10mlを加え加温して有機物を分解した後蒸発乾固したものを100°Ｃで乾燥後冷却，秤量してH_2O_2によつて分解されない部分を求めて無機分とし，前記１によつて得た全量と無機分との差を有機分とし，細土100ｇに対する量を求めた．

Ⅲ　実験結果および考察

各試料のフラクション別全量を第２表に示す．

第２表　池泥のフラクション別土粒全量（％）

土層別	試料番号	粒径 10—5μ	5—2μ	2μ>
表層土	109	3.08	2.83	5.08
	111	12.56	12.68	14.09
	116	11.98	9.89	11.21
	120	11.88	14.22	24.65
	130	9.89	6.49	26.10
	136	13.47	17.69	25.97
	146	19.96	3.87	16.34
	157	8.66	9.24	18.87
	319	6.91	9.79	16.16
	336	14.75	19.45	28.08
	337	16.94	13.03	17.36
	455	16.68	23.21	27.76
	458	14.45	15.13	21.06
	531	10.37	9.64	26.03
	656	15.41	18.30	26.45
	657	15.98	19.75	34.52
下層土	41	8.82	10.23	12.48
	110	4.87	3.93	4.87
	319の2	9.11	10.15	26.56
	502	13.01	18.77	22.63
	516	10.89	11.60	17.20
	614	2.50	1.64	3.47

第２表から表層16点中粒径10－5μのフラクションは最高19.96％，最低3.08％，平均12.68％の値を示し，５－２μのフラクションは最高23.21％，最低2.83％，平均12.83％であり，2μ以下のフラクションでは最高34.52％，最低5.03％，平均21.23％と大略粒径10－5μと５－2μ間には数値上に大差のないものが多く，2μ以下のフラクションの量がこれらに比較して多い傾向を示している．また下層土６点については，10－5μのフラクションで最高13.01％，最低2.50％，平均8.20％であり，５－2μのフラクションでは最高18.77％，最低1.64％，平均9.39％，2μ以下のフラクションでは最高26.56％，最低3.47％，平均14.54％と表層土同様10－5μと５－2μ間の粒子量は大差なく，2μ以下のフラクション量が多い傾向を示している．

次にこれら３フラクションの各試料をH_2O_2で処理してその有機分を酸化した結果を第３表に示す．

第３表　池泥のフラクション別無機，有機分（％）

土層別	試料番号	粒径 10—5μ 無機分	10—5μ 有機分	5—2μ 無機分	5—2μ 有機分	2μ> 無機分	2μ> 有機分
表層土	109	2.65	0.43	2.58	0.25	3.16	1.92
	111	11.63	0.93	11.93	0.75	11.63	2.46
	116	11.33	0.65	9.53	0.36	9.64	1.57
	120	11.54	0.34	13.96	0.26	22.14	2.51
	130	9.74	0.13	5.78	0.71	22.77	3.33
	136	13.42	0.05	16.68	0.01	22.69	3.28
	146	19.52	0.44	3.12	0.75	14.42	1.92
	157	8.06	0.60	8.68	0.56	15.83	3.04
	319	6.66	0.25	9.33	0.46	15.16	1.00
	336	14.57	0.18	18.14	1.31	26.29	1.76
	337	16.40	0.54	12.53	0.51	16.27	1.09
	455	16.15	0.53	22.18	1.03	25.52	2.24
	458	13.56	0.89	15.01	0.12	18.20	2.86
	531	10.26	0.11	9.48	0.16	24.35	1.68
	656	15.22	0.19	17.57	0.73	23.83	2.62
	657	15.68	0.30	19.53	0.22	33.24	1.28

下層土	41	8.67	0.51	9.57	0.66	10.90	1.58
	110	4.45	0.42	3.67	0.26	4.16	0.71
	319の2	9.06	0.05	10.12	0.03	25.90	0.66
	502	12.80	0.21	18.61	0.16	21.91	0.72
	516	10.81	0.08	11.43	0.17	17.10	0.10
	614	2.31	0.19	1.53	0.11	3.34	0.13

これについてみると，表層土の無機分は粒径10－5μフラクションで最高19.52%，最低2.65%，平均12.21%，5－2μでは最高22.18%，最低2.58%，平均12.25%，2μ以下では最高33.24%，最低3.16%，平均19.07%であり，有機分は10－5μで最高0.93%，最低0.05%，平均0.41%，5－2μでは最高1.31%，最低0.12%，平均0.57%，2μ以下では最高3.33%，最低1.00%，平均2.16%であり，下層土の無機分は10－5μで最高12.80%，最低2.31%，平均8.02%，5－2μで最高18.61%，最低1.53%，平均9.16%，2μ以下で最高25.90%，最低3.34%，平均13.89%であり，有機分は10－5μで最高0.51%，最低0.05%，平均0.18%，5－2μで最高0.66%，最低0.03%，平均0.23%，2μ以下で最高1.58%，最低0.10%，平均0.65%を示し，表層土，下層土ともに各フラクションで何れも無機分が有機分より著しく多い．また各フラクションのうち，10－5μ，5－2μのフラクションでは無機分，有機分ともに一般に大差ないが，2μ以下のフラクションでは有機，無機何れの部分も前二者より多く，10μ以下の微細粒子全量の場合と同様な傾向を示している．もちろんこの場合，強酸化剤であるH_2O_2を用いているので試料中の粘土鉱物の変化が考えられるが[2]，本報ではこれを別として総体的に10μ以下の微細土粒中の有機分，無機分の占める量を定量したものである．

さらに第2表の各フラクションの合計量，すなわち粒径10μ以下の微細土粒の総量中各フラクションの占める割合を計算してみると第4表のようになる．

第4表　池泥の粒径10μ以下の土粒総量を100とした場合の各フラクションの指数

土層別	試料番号	10－5μ	5－2μ	2μ>
表層土	109	28.02	25.75	46.23
	111	31.93	32.24	25.83
	116	36.21	29.90	33.89
	120	23.41	28.02	48.57
	130	23.25	15.28	61.47
	136	23.58	30.96	45.46
	146	49.68	9.63	40.69
	157	23.55	25.13	51.32
	319	21.03	19.79	59.18
	336	21.92	28.91	49.17
	337	35.79	27.53	36.68
	455	24.66	34.31	41.03
	458	28.53	29.88	41.59
	531	22.52	20.94	56.54
	656	25.62	30.42	43.96
	657	22.75	28.11	49.14
下層土	41	27.97	32.44	39.59
	110	35.62	28.75	35.63
	319の2	19.88	22.15	57.97
	502	23.91	34.50	41.59
	516	27.44	29.23	43.33
	614	32.85	21.55	45.60

第4表から表層土の粒径10－5μフラクションの指数平均は27.65，5－2μでは26.05で，2μ以下の場合には46.30を示し，下層土では粒径10－5μのフラクションで27.95，5－2μでは28.10，2μ以下のフラクションでは43.95と表層土，下層土とも一般に粒径10μ以下の微細土粒ではその半ばが粒径2μ以下のごく微細土粒で構成されていることが知られる．

次にフラクション別土粒全量を100とし，これに対する有機分の指数を求めると第5表のようになる．

第5表 フラクション別土粒全量を100とした場合の有機分の指数

土層別	試料番号	粒径 10—5μ	粒径 5—2μ	粒径 2μ>
表層土	109	13.96	8.83	37.78
	111	7.40	5.92	17.46
	116	5.43	3.21	14.01
	120	2.86	1.83	10.18
	130	1.32	10.94	12.76
	136	0.37	5.71	12.63
	146	2.20	19.38	11.75
	157	6.93	6.06	16.11
	319	3.62	4.70	6.18
	336	1.22	6.74	6.27
	337	3.19	3.91	6.28
	455	3.18	4.44	8.07
	458	6.16	7.93	13.58
	531	1.06	1.66	6.45
	656	1.23	3.99	9.91
	657	1.88	1.11	3.71
下層土	41	5.78	6.45	12.66
	110	9.14	6.62	14.85
	319の2	0.55	0.30	2.48
	502	16.14	8.52	3.18
	516	0.73	1.47	5.81
	614	7.60	6.71	3.75

第5表から表層土についてみると粒径10—5μのフラクションで有機分の占める指数平均は4.50，5—2μでは6.02，2μ以下では12.08であり，下層土では10—5μ フラクションが6.66，5—2μでは5.01，2μ以下になると7.21と粒径10—5μ，5—2μのフラクションにくらべて2μ以下のフラクション中の有機分が多いことを示している．

以上から池泥の粒径10μ以下の微細部分は粒径が小さくなるほどその含量が増加し，これは2μ以下のフラクションで特に著しく，またこれを構成している有機分と無機分についてみれば，粒径が小さくなるほど有機分が増加する傾向があり，この傾向は粒径2μ以下のフラクションで著しく認められることから，池泥は微細土粒になるほど無機的土壌粒子よりも腐植部分をより多く含むかたちに構成されているものと考えられる．そしてこの有機分と無機分が土粒を構成する様相は粒径10—5μと5—2μの両フラクションでは，ほぼ類似した量的関係にあるらしいことはその含有割合から考えられるが，粒径2μ以下のフラクションではこれが著しく異ることが推定される．

IV 摘　　　要

池泥表層土16点，下層土6点を粒径10—5μ，5—2μ，2μ以下の3フラクションに分別採集し，そのフラクション別の全量，有機分，無機分を定量したところ次の結果を得た．

(1) フラクション別の土粒全量は表層土，下層土ともに粒径2μ以下の部分が多く，粒径10μ以下の全土粒のおよそ半ばを占めている．

(2) フラクション別土粒の有機物含有量は粒径が小さくなる程増加する傾向があるが，粒径2μ以下の土粒では特に著しい．そしてこの傾向は下層土より表層土で明かである．

(3) 池泥微細土粒の有機分と無機分が土粒を構成する様相は，両者の含有割合が粒径10—5μと5—2μの両フラクションではほぼ類似しており，粒径2μ以下のフラクションでは著しく異ることから，ごく細粒の構成様相が異るように考えられる．

V 引　用　文　献

(1) 船引真吾，青峰重範：土壌実験法，186，東京，養賢堂 (1956).

(2) GRIM, R. E. :Clay Mineralogy, 4 (1953).

(3) 玉置鷹彦，星川玄児：本誌，5，181 (1953).

(4) 玉置鷹彦，星川玄児：本誌，5，186 (1953).

(5) ——，——：本誌，6，222 (1954).

(6) ——，——：本誌，8，189 (1957).

Résumé

Surface soils (16 samples) and subsoils (6 samples) of pond muds were seperated into three fractions of 10-5 μ, 5—2 μ, and below 2 μ, of which the amounts of total, organic and inorganic parts were determined with the following items.

(1) In both surface soils and subsoils, the contents of below 2 μ fraction were very much, and equivalent to approximately half of the total soil particles of below 10μ.

(2) The contents of organic parts increased generally with the reduction of soil particle size, especially in fraction of below 2 μ. This tendency was more remarkable in surface soils compared with subsoils.

(3) In respect that the ratio of contents of organic and inorganic parts in below 2 μ fraction was very different from them in other fractions, it seemes that the conditions of soil particles composed with organic and inorganic parts are unique in very fine particles.

第8巻第2号　正　誤　表　（玉置，星川）

頁	行	誤	正
191	第4表の次行	水溶性硫酸量が低い	水溶性硫酸量が多い

第9巻第1号　正　誤　表　（星　川）

頁	行	誤	正
28	9	滷	濾
32	14	$Mg\ NH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$

豆類のデンプンの研究

III アミロースおよびアミロペクチンの分離と定量（1）序説およびヨード呈色度による予備実験

川村信一郎，多田稔

Studoj pri la ameloj de legumenoj. III. Apartigado kaj determinado de amelozo kaj amelopektino. 1. Enkonduko kaj antauaj eksperimentoj per jodkolorigado.

Sin'itirô KAWAMURA kaj Minoru TADA (Laboratorio de Biologia Kemio)

(Ricevita la 31-an de julio, 1957)

I 序説

この研究の第1報[17]においては第1表に示す9種の豆類についてそのデンプン粒の顕微鏡写真を示し，またそれらの豆類の一般分析とMcCREADYら[23]によるデンプンとアミロースの比色定量につき報告した．このときはそれぞれのアミロースを分離していなかつたので上記の条件によるアミロースとヨードとの結合物の660mμにおける吸光係数として示した．同時に測定した大阪大学産業科学研究所二国研究室で製造したアミロース（ジヤガイモ）に対する数値にもとづいて比例すると仮定して計算するとデンプンの中のアミロースの量は第1表のようになる．

第1表　豆類のデンプンとアミロース[17]

Tabelo 1. Amelo kaj amelozo de legumenoj[17].

豆類 Legumeno	水分 Akvo (%)	デンプン Amelo (%)	青色度 Intenseco de blua koloro	デンプン中のアミロース* Amelozo(%) en amelo*
1. ソラマメ *Vicia faba*	14.81	32.5	0.211	33
2. エンドウ *Pisum sativum* var. *arvense*	14.80	44.0	0.229	36
3. アズキ *Phaseolus chrysanthos*	14.55	43.3	0.265	41
4. リョクトウ *P. aureus*	14.43	44.0	0.238	37
5. インゲンマメ *P. vulgaris*	14.59	43.7	0.250	39
6. ササゲ *Vigna sesquipedalis*	14.38	45.7	0.269	42
7. フジマメ *Dolichos lablab*	14.77	43.1	0.241	37
8. ナタマメ *Canavalia gladiata*	14.81	42.1	0.207	32
9. ハッショウマメ *Stizolobium hasjo*	13.91	44.7	0.217	34

*同時に同じ方法で測定したジヤガイモのアミロースの青色度が0.644であつたので，それぞれの青色度を0.644で除した．Kalkulita per dividado de la intenseco de blua koloro per 0.644, kiom estas la intenseco de blua koloro por amelozo de terpomo.

さて豆類のデンプンについての文献は第1報[17]にも示したが，比較的新しいもの，特にアミロース，アミロペクチンに関するものを述べる．

大橋[29−32]は"各種デンプンの性質に関する研究"の中でソラマメ，エンドウ，アズキ，インゲンマメ，ササゲの5種の豆類のデンプンを含めた28種を試料としている．糊化[29]，粘度，[29]ヨード親和力[30]，ヨード呈色強度[30]，極限粘度[31]，アルカリ数[30]，デンプン粒の溶解[31]，イソアミルアルコー法で分別したアミロース，アミロペクチンのヨード反応[32]につき報告している．最近SINGHら[42]はインド産の11種の豆類のデンプンのヨード結合量を測定した．これらの数値の関係あるものについては次報で引用して比較する．

エンドウのデンプンの研究はかなりある．エンドウには2種あり，smooth pea と wrinkled pea とにわけるが，

これは種子の皮がなめらかかしわがあるかによつた名称である．学名は *Pisum sativum*（和名シロエンドウ　白いのは花）が wrinkled pea で，*P. sativum* var. *arvense*（和名アカエンドウ）が smooth pea である．イギリスの PEAT ら[34]は wrinkled pea と smooth pea から熱い 30% chloral hydrate でデンプンを抽出し，前者はアミロース 98％とアミロペクチン２％とから成り，後者（２品種）はアミロース29.4，30.2％とアミロペクチン65.8，66.1％を含むと報告した．一般に普通のデンプンはアミロース 20—30％ とアミロペクチン 80—70％ から成り，モチゴメ，モチトウモロコシなどはアミロースをほとんど含まないのに対し，アミロースが非常に多いということで wrinkled pea のデンプンは注目された．アメリカの McCREADY ら[23]の分析によるとそれほどではなく，wrinkled pea はデンプン 32.8—36.8％，この中のアミローースは 60—72％であり，smooth pea ではデンプン 42.8—45.1％，その中のアミロースは 35—37％ であつた．この両種の各成分の性質はかれらの後の報告[37]によると次の通りである．アミロースの平均分子量は wrinkled pea のデンプンで 100,000，smooth pea のデンプンでは 125,000，アミロペクチンの平均分子量は前者 140,000 で非常に小さく，後者は 2,000,000 で普通である．アミロペクチンの非還元性末端基１個当りのグルコース基の数は前者 36，後者 25，過ヨード酸酸化と分子量測定の実験からアミロース区分の枝分れは少ないようであつた．wrinkled pea のアミロペクチンのヨード電圧滴定曲線は他のアミロペクチンの場合と異なつていた．smooth pea のデンプンは穀物やいも類のデンプンと同様のものであるという．

デンプン粒については smooth pea のは単粒で，wrinkled pea のデンプンは複粒である[23]が，特異な形のデンプン粒を示すエンドウのデンプンがドイツで報告された[13,14]．エンドウのデンプンについては アミログラフ[5]，複屈折[3]，Safranin O および Niagara Blue 4Bによる染色[21]，顕微鏡によるアミロース，アミロペクチンの識別[1,6] などが研究された．エンドウの遺伝においては smooth seed が優性で wrinkled seed が劣性であるが，このゲンがデンプン含有量やデンプンのアミロース含有量に影響するようである．デンプンの含有量の多い方が優性であり，アミロースの少い方が優性である[19]．

わが国では横沢らが[44,45] が各地のエンドウを集めて調べた．49品種のうち smooth pea 38 品種はデンプン 34—53％，その中のアミロース 36—37％，wrinkled pea（すべて北海道産）11品種はデンプン 29—35％，その中のアミロース 57—74％ であつた．測定はブタノール・イソアミルアルコール混合物により分別した両成分のヨード呈色度により McCREADY法[23]によつた．アメリカでは wrinkled pea が多いが，わが国では反対に アカエンドウの方が多い．著者は豆の皮にしわのあるエンドウについて顕微鏡で調べたが，すべて単粒であつた．アミロースが特に多いと思われるものについてはまだ実験していない．滝[43]の分析した wrinkled pea（アメリカ産）はデンプン中のアミロースが63％であつた．

英語で豆類としては peas（エンドウ）のほかは beans と総称するものが主であろう．この語で示される狭義の beans は common beans または kidney beans であつて，インゲンマメ（*Phaseolus vulgaris*）が代表者である．日本語もはつきりしない場合が多く，菜豆（インゲン，サイトウ）としては色々の品種が含まれ，*Phaseolus* 属のもの各種をさすと考えてよい．（ただし日本ではアズキ（*P. chrysanthos*）は菜豆と区別される．）

*Phaseolus*属の豆のデンプンの研究としては次のものがある．QURESHI[38]はパキスタンのパンジャブ州に産する豆類として mash（*P. radiatus*, アズキやリョクトウに近い），moth（*P. aconitifolius*），および masoor（*Lens esculenta*）を研究した．デンプンの収量は上記の順に 29.5，26.6，28.5％で，デンプン粒の大さはそれぞれ4.6—11.2（平均8.3）μ，4.6—11.2（7.5）μ，3.9—15.7（9.8）μで非常に小さい．著者らの第１報[17]によればアズキのデンプン粒は大きくて 20—77μ，リョクトウは小さい方であるが，それでも 7—30μ，インゲンマメでは 15—59μ である，QURESHI[38]によると上記の豆のデンプンは広い範囲の温度で粘度がわずかしか変らないから織物の糊付や捺染に用れらいるという．著者らの第２報[18]によればインゲンマメのデンプンは 25—92.5°の間で粘度のあまり変らないもの（A群）に属するが，同じ *Phaseolus* でもアズキとリョクトウのデンプンは粘度が加熱冷却により極めて高くなるもの（B群）に属する．デンプンの糊化を研究するのに光の透過による装置が発表され，コムギのデンプンのほかインゲンマメ（navy beans）のデンプンについても研究された[4]．

単に豆類の意味ともなる beans や beans and peas のデンプンの研究としては麦芽のα-アミラーゼの吸着剤としてのデンプン[41]，熱分解（減圧，1000°）[34,35]，顕微鏡によるアミロース，アミロペクチンの識別[6]などがある．GIULIANO ら[15]によると4-(ジメチルアミノ）アゾベンゼン-4-カルボキシル酸のコリンクロリドエステルの0.1％水溶液によつてジヤガイモ，カラスムギ，トウモロコシのデンプンは橙赤色となり，コムギデンプンは呈色しないの

で識別できるが，豆類のデンプンは一定の色を与えない．

二国ら[27]のX線的研究によるとトウモロコシのデンプンはKATZのいうA図型，ジヤガイモはB図型を与え，その間に中間型が見られるとし，その移り変りの順序のほぼ中央にアズキが挙げてある．最近X線 diffractometer によりこの種の研究が数値的にとりあつかわれるようになつた[16]．

KRISHNASWAMY, SREENIVASAN[22]はエンドウ（smooth pea？）とリヨクトウ（mung）とからアミロースとアミロペクチンとを分離してヨード呈色法により量比を求めた．デンプンの中のアミロースの量は前者で45%，後者で37%となつた．

スペインのFERNANDEZ[7]の研究した各種デンプンの中には*Lathyrus sativus*のデンプンがある．これはレンリソウ，スイートピー，ハマエンドウ，イタチササゲなどと同じ属で chickling vetch または grass pea と称される豆である．この豆のデンプンは0.2357%のPを含み，アミロース 18.5%，アミロペクチン 72%からなる．Pはアミロースにもアミロペクチンにも含まれている．このデンプンは0.407%のフイチンを含み，1.06%のペントザンを含む[7]．アセチル化およびメチル化の研究[11]を行い，両成分につきα-およびβ-アミラーゼ，α-グルコシダーゼを順次作用させ，残つたデキストリン[12]，デキストリン中のP[8]を定量した．デンプン，アセチルアミロース，アセチルアミロペクチンのPの定量[10]，ブタノール，ペンタゾール，チモールによるアミロース，アミロペクチンの分離[9]がこの豆のデンプンについて研究された．

現在のデンプン化学においては，デンプンは D-glucoseのα-1，4結合のみから成る直鎖成分と，α-1，4のほかにα-1，6結合を含む（他の結合についてはよくわからない）枝分れした構造を持つた成分とから成るということが一般に認められている．この二成分をそれぞれアミロース，アミロペクチンと呼ぶことに定義しなおしたのがK. H.MEYER (1940) である[25]が，この命名法は望ましくないという意見もある[1,33]．そして linear fraction（直鎖成分）と branched fraction（分枝成分）とも呼ばれている．また調製実験上SCHOCH[41]がはじめた方法によりブタノールなどで沈デンするものをAフラクション，その母液からメタノールなどで沈デンさせて得られるものをBフラクションと呼ぶ場合もある．大体においてAフラクションはアミロースであり，Bフラクションはアミロペクチンであるが，実験の仕方によつては必ずしもこれが一致しない 例えば“アミロペクチンの分枝度は極めて大きいものから非常に小さいものまで存在するであろうから，アミロースの試料中に少量の分枝度の小さいアミロペクチンの混入することは避け得ないであろう”（二国[25]）という場合のアミロースはAフラクションと言い換えた方がよさそうである．しかしこの報告では二国の語法に従うことにした．即ち特にAフラクションといわないでアミロースと称することにする．直鎖成分であるという証明はしていないが，SCHOCH[40]の方法に則つてブタノールとともに沈デンした区分をアミロースとしておく．

II　実験の方法

A．試料豆類　第2表に示した8種類で前報[17,18]と統一を保つため共通の番号を用いた．なお第1報[17]の実験に用いた9種類のうちソラマメ以外は高松市内種苗店で求めたが，今回の豆類は奈良県大和農園種苗卸部から求めたもので産地を示しておく．

B．デンプンの調製　これらの豆類からデンプンを調製するのに前報の場合は皮をむかない豆を粉砕して最初から0.2% NaOHで処理してタンパク除去を行い，大体佐藤[39]の米デンプン調製法に準じて行つた．豆によつてははじめに多量の色素が溶け出て，操作は困難であつた．

今回は豆を粉砕したのち外皮をていねいに除去したものを水に漬け，ミキサーで水とともに粉砕して圧搾して得た汁液を放置して，約1時間后上澄を除きデンプンに富む沈デン物を水洗し，200メッシのフルイで別けてから，0.2%NaOHで処理して除タンパクを行い，水洗して，エタノール，エーテルで脱水，乾燥した．

横沢[44]も述べているが，圧搾して得た汁液を放置する場合1時間以上にするとかえつてデンプンとタンパク質などとの分離が困難になる．また比重の比較的小さいデンプン（ナガウズラインゲンおよびナタマメ）では十分に水洗を終らないうちにアルカリ処理を行うと分離し易くなる．

C．アミロース，アミロペクチンの分離　デンプンの2成分を分別する方法は軒原[28]や小林[21]が述べているようにいろいろある．この研究の目的としてはじめには一様の方法によつて分別してそれぞれのデンプンの大体のアミロース含有量を知ろうとした．そこでアミロース沈デン剤としてはSchoch[40]によりブタノールを用いることと

第2表 試料豆類とデンプンの収量

Tabelo 2. Materialoj uzitaj kaj la kvanto de amelo akirita.

豆類 Legumeno	産地 Produkta loko	デンプン収量% Kvanto de amelo akirita
1. ソラマメ(ナガサヤ) *Vicia faba* f. *nagasaya*	本学部農場 Agro de Fakultato de Agrikulturo, Kagawa Universitato	—
3. アズキ *Phaseolus chrysanthos*	奈良 Nara	23
5a. キントキインゲン *P. vulgaris* f. *kintoki*	北海道 Hokkaidô	21
5b. ナガウズラインゲン *P. vulgaris* f. *nagauzura*	北海道 Hokkaidô	23
6a. ジユウロクササゲ *V. sesquipedalis* f.	奈良 Nara	18
6b. アズキササゲ *V. sesquipedalis* f.	奈良 Nara	28
7. シロバナフジマメ *Dolichos lablab* f. *sirobana*	石川 Isikawa	16
8. ツルアリナタマメ *Canavalia gladiata* f. *turuari*	愛知 Aiti	10

し糊化は二国,不破[26]のアルカリ法を用いた.なお得られたアミロースおよびアミロペクチンの区分はなんら精製処理を行わずに乾燥秤量して収量を求めた.ブタノール法ではほぼ定量的に収量が得られる[28]とされているが,両成分の合計はソラマメのデンプンで最低(55%),ナタマメのデンプンで最高(95%)で,他は65 78%であつた(第3表).

D. ヨード呈色度 McCreadyら[23]の方法によつた.乾燥したアミロースは100°くらいの加熱ではミセルをほどいて溶かすことができない[25,p.95]ので,1 *N* NaOH を加えて溶かしてから,計算量の HCl を加えて中和して使用した.アミロースまたはアミロペクチン0.100gに水5 ml と1 *N* NaOH 25 mlを加え,氷室中に一夜放置してから,完全に溶解したものをとり出し,1 *N*HClでブロムチモールブルーに対しpH 7.0 まで中和し,これを100 ml の定容フラスコに満たす.一方100 ml の定容フラスコに約80 mlの水を入れ,これに52% $HClO_4$ 0.13 mlと上記の試料溶液1 ml と0.2% I-KI溶液1 mlを加えて100 ml となし,30分后に伊藤超短波研究所の光電比色汁で660mμ のフィルターで測定した.セルの長さは10 mm,対照液には試料液と同量の I-KI と$HClO_4$とを含むものを用いた.デンプン液の調製には52% $HClO_4$ 抽出法を用いた.

Ⅲ 実験の結果

ブタノール沈デン法によるアミロースとアミロペクチンの収量と,デンプン,アミロース,アミロペクチンのヨード呈色度は第3表に示すようになつた.この表のアミロース/デンプンの%は次のようにして計算した.

第3表 豆類のアミロースとアミロペクチン

Tabelo 3. Amelozo kaj amelopektino de legumenoj.

試料豆類 Legumeno	アミロース収量 Kvanto de amelozo akirita,%	アミロペクチン収量 Kvanto de amelopektino akirita,%	ヨード呈色度 Intenseco de blua koloro de デンプン Amelo	アミロース Amelozo	アミロペクチン Amelopektino	デンプンの中のアミロース Amelozo(%) en amelo
1. ソラマメ	20	35	0.083	0.207	0.053	19
3. アズキ	18	61	0.088	0.296	0.072	7
5a. キントキインゲン	22	45	0.080	0.202	0.069	8
5b. ナガウズラインゲン	23	42	0.093	0.288	0.047	19
6a. ジユウロクササゲ	25	45	0.090	0.196	0.077	11
6b. アズキササゲ	65	13	0.071	0.136	0.062	12
7 フジマメ	33	38	0.092	0.158	0.064	30
8. ナタマメ	46	46	0.083	0.207	0.059	16

小林[20,p.344]の述べているようにアミロースの呈色度（A）とアミロペクチンの呈色度（B）が付加的であると仮定すると*，デンプンの呈色度（D）から，アミロースのデンプンに対する割合を x% とすると，

$$(A-B):(D-B)=100:x$$

$$\therefore\ x=100\times(D-B)/(A-B)$$

この式で計算した値が第3表に掲げてある．

Ⅳ 考　察

各種の異なる豆類のデンプンについて同じ方法で分別すると，得られたアミロース区分のヨード呈色度は0.136—0.296の範囲で非常に異なる．この予備実験では基準とすべき他のデンプンを含めなかつたのでわからないが，呈色度の高いものが純度が高いと考えることができよう．そうするとアズキ，ナガウズラインゲンのアミロースはかなり純度が高いこととなるが，その収量は18%，23%となつている．一方アミロース収量が65%と出たアズキササゲのアミロース区分の呈色度は0.136で最も低い，しかしナタマメでは収量46%で高いが，純度は特に低いものではない．即ち分離したアミロース区分のヨード呈色度の大小とアミロースの収量の大小とは大体逆の関係にあるが例外もある．

アミロペクチンのヨード呈色度は0.047—0.077で大差はないけれども，これを0と見る計算（第1表）は不正確なことがはつきりわかる．

第3表によればデンプン，アミロース，アミロペクチンのヨード呈色度から計算したデンプン中のアミロースの割合はかなり低い数値となり，この8種では7—30%となつた．

ヨード呈色度が第1表と第3表とはちがつているが，試料豆類がちがい，また表わし方がちがつているので直接比べられない．両者で共通な傾向が見られることはアズキ＞ソラマメ＞ナタマメである．

Ⅴ 要　旨

豆類のデンプンについての従来の研究を総説した．アルカリ糊化—ブタノール法によりソラマメ，アズキ，キントキインゲン，ナガウズラインゲン，十六ササゲ，アズキササゲ，フジマメ，ナタマメからアミロースとアミロペクチンを分離し，ヨード呈色度を測定した．ヨード呈色度から計算したデンプン中のアミロース含有量はかなり低く7—30%となつた．分離した成分の秤量によるアミロースは18—33%（ナタマメは46%，アズキササゲは65%）であつた．

研究費の一部は文部省総合研究費（“デンプンの利用に関する基礎的研究”）によつた．代表者の二国二郎教授に感謝する．

Ⅵ 引　用　文　献

(1) Badenhuizen, N. P. : *Cereal Chem.*, **32**, 286—95(1955).

(2) Baker, F., Hobson, P. N. : *J. Sci. Food Agr.*, **3**, 603—12 (1952).

(3) ——, Whelan, W. J. : *Nature*, **166**, 34 (1950).

(4) Beckord O. C., Sandstedt R. M. : *Cereal Chem.*, **24**, 250—8 (1947).

(5) Crossland, L. B., Favor, H. H. : *Ibid.*, **25**, 213—20 (1948).

(6) Czaja, A. T. : *Planta*, **43**, 279—92 (1954) ; *C. A.*, **48**, 9477*i*.

(7) Fernández, C. : *Ion*, **8**, 293—302 (1948) ; *C. A.*, **42**, 9213*g*.

(8) ——: *Ibid.*, 790—2, 807; *C. A.*, **43**, 5218*f*.

(9) ——, Arrans, R. : *Rev. real acad. cienc. exact. fis. y nat. Madrid*, **43**, 179—92 (1949) ; *C. A.*, **46**, 2321*g*.

(10) ——, Larrañeta,, R. L. : *Farm. nueva*, **13**, 505—12, 563—8 (1948) ; *C. A.*, **45**, 1799*h*.

(11) ——, Olalla, R., Martínez, E., Larrañeta, R. L. : *Ion*, **8**, 381—8 (1948) ; *C. A.*, **43**, 4036*d*.

(12) ——, ——, ——, —— : *Ibid.*, 645—9.

*この点についてはソラマメとアズキとのデンプンについて実験して確かめた（第4報）．

(13) GABRIEL, C. : *Z. Lebensm.-Untersuch. u. -Forsch.*, **88**, 269—72 (1948).

(14) ———: *Ibid.*, **89**, 404—11 (1949).

(15) GIULIANO, R., STEIN, M. L.: *Ann.chim.* (Rome), **45**, 236—40 (1955) ; *C. A.*, **49**, 11307*c*.

(16) HIZUKURI, S. (檜作進), NIKUNI, Z. (二国二郎): *Nippon Nôgei-kagaku Kaisi*, **31**, 371—4 (1957).

(17) KAWAMURA. S. (川村信一郎), TUBOI, Y. (壺井好), HUZII, T. (藤井保) : *Tech. Bull. Kagawa Agr. Coll.*, **7**, 87—92 (1955).

(18) ———, FUKUBA, H. (福場博保) : *Tech. Bull. Fac. Agr., Kagawa Univ.*, **9**, 38—45 (1957).

(19) KELLENBARGER, S., SILVIERA, V., MCCREADY, R. M., OWENS, H. S., CHAPMAN, J. L. : *Agron. J.*, **43**, 337—40 (1951) ; *C. A.*, **45**, 9614*a*.

(20) KOBAYASHI, T. (小林恒夫) : アミロース, アミロペクチンの定量法. (24), pp. 339—45.

(21) ———: 澱粉試料調製法. (24), pp. 654—8.

(22) KRISHNASWAMY, K. G., SREENIVASAN, A. : *J. Biol. Chem.*, **176**, 1253 (1948).

(23) MCCREADY, R. M., GUGGOLZ, J., SILVIERA, V., OWENS, H. S. : *Anal. Chem.*, **22**, 1156—8 (1950).

(24) NIKUNI, Z. (二国二郎) (編) : 澱粉化学. 増補版 733 pp., 東京, 朝倉書店 (1955).

(25) ———: 澱粉化学総論. (24), pp. 1—116.

(26) ———, FUWA, H. (不破英次) : 標準生化学実験法, 235, 東京, 文光堂 (1953).

(27) ———, ———, TATSUMI, C. (辰巳ちゑ) : *Nippon Nôgei-kagaku Kaisi*, **22**, 91—3 (1948).

(28) NOKIHARA, E. (軒原栄三) : アミロース, アミロペクチンの分別法. (24), pp. 309—21.

(29) OHASHI, K. (大橋一二) : *Gifu Daigaku Nôgakubu Kenkyû Hôkoku*, (5), 63—71 (1955).

(30) ———: *Ibid.*, (6), 107—17 (1956).

(31) ———: *Ibid.*, (6), 118—23 (1956) ; *Denpun Kôgyô Gakkaisi*, **3**, (2), 270—5 (1955).

(32) ———: *Ibid.*, (7), 86—90 (1956).

(33) PATTERSON, A. M. : *Chem. Eng. News*, **30**, 3204 (1952).

(34) PEAT, S., BOURNE, E. J., NICHOLLS, M. J.: *Nature*, **161**, 206—7 (1948).

(35) PICON. M. : *Bull. soc. chim. France*, **1953**, 681—6 ; *C. A.*, **47**, 12853*e*.

(36) ———: *Compt. rend.*, **236**, 208—10 (1953) ; *C. A.*, **47**, 6688*d*.

(37) POTTER, A. L., SILVIERA, V., MCCREADY, R.M., OWENS, H. S. : *J. Am. Chem. Soc.*, **75**, 1335—8 (1953).

(38) QURESHI, M. H. : *Pakistan J. Sci. Research*, **1** (2), 63—8 (1949) ; *C. A.*, **45**, 5958*a*.

(39) SATÔ, S. (佐藤静一) : 米澱粉に関する研究 (1944); (24), p. 308.

(40) SCHOCH, T. J. : *J. Am. Chem. Soc.*, **64**, 2957 (1942); (24), p. 314.

(41) SCHWIMMER, S., BALLS, A.K. : *J. Biol. Chem.*, **180**, 883—94 (1949).

(42) SINGH, S., NATH, N., NATH, H. P.: *Biochem. J.*, **63**, 718—20 (1956).

(43) TAKI, M. (滝基次) : 文部省総合研究報告集録 1954年度, 農学編, p. 126 (1955).

(44) YOKOZAWA, I. (横沢一二) : *Nôsan Kakô Gizyutu Kenkyû Kaisi*, **2**, 66—8 (1955).

(45) ———, SAKURAI, Y. (桜井芳人): *Ibid.* 203—10 (1955).

Resumo

Ameloj estis preparitaj el 9 legumenoj (Tabelo 2). Amelozo (amylose) kaj amelopektino (amylopectin) estis preparitaj per la metodo de SCHOCH[40]. La varmigado en aŭtoklavo ne estis uzita, sed alkalio estis uzita por solvi amelon laŭ la metodo de NIKUNI kaj FUWA[26]. La intenseco de blua koloro per la jodreakcio estis mezurita laŭ la metodo de MCCREADY k.a.[23] Vidu Tabelon 3. La kalkulado montras, ke la kvanto de amelozo en amelo estas ne alta (7-30%), kiam la ciferoj por koncernaj amelozo kaj amelopektino estis konsideritaj. Tabelo 1 montras pli altajn rezultojn (32-42%), kiam la purecoj de la apartigitaj amelozo kaj amelopektino ne estas paralelaj kun la kalkulita kvanto de amelozo en amelo. Estas necese studi la kondiĉojn por prepari la du partojn. La kondiĉoj povus esti ne samaj pri malsamaj legumenoj. Ĝisnunaj studoj pri la ameloj de legumenoj estas klarigitaj kun bibliografio.

SEPARATION OF AN UNKNOWN SUGAR FROM THE HYDROLYZATE OF A HEMICELLULOSE OF BROAD-BEAN SEEDS.

A PRELIMINARY REPORT.

Teiiti NARASAKI (Laboratory of Agricultural Products Technology) (Received July 31,1957)

The detection of a ribose-like sugar was reported by KAWAMURA & NARASAKI[1] and KAWAMURA, et al.[2] in the hydrolyzate of a hemicellulose B_1 of a dehulled broad-bean seeds of variety "Nagasaya". The detection and the identification were made only by the Rf values on paper chromatograms by three sets of different solvent systems, but no description was made on the color reaction of the spot on chromatograms.

If the Rf values are identical in at least three different solvents and in color reactions with various spray reagents, good evidence can be said to be provided that the two sugars are identical. However, the present opinions are such that paper chromatography cannot give a conclusive evidence at all, and the unknown should be separated and characterized as crystalline derivatives.

The present experiments were conducted to separate the unknown sugar free from the other component sugars for the further studies of its identification. Some results contradicting former presumption were obtained and these results are presented in the present paper preliminarily.

EXPERIMENTAL

1. *Preparation of a hemicellulose B_1.*

A hemicellulose B_1 (2g) was obtained from 10 kg of dehulled broad-bean seeds of variety "Nagasaya" by a procedure shown in Fig. 1.

The hemicellulose B_1 preparation showed m. p. 230–50°C (decomposition), well coinciding with the preceeding results [1,2]. The preparation could be hydrolyzed almost quantitatively by heating in a sealed glass tube in a boiling-water bath with 2 N H_2SO_4 for 4 hours, but a very small amount of an insoluble residue was noted after hydrolysis when a larger amount of the preparation (100—500mg) was taken for hydrolysis. The insoluble residue showed positive MOLISH reaction and negative biuret reaction, and it seemed to be an acid-resistant polysaccharide.

2. *Two-dimensional ascending paper chromatography of the hydrolyzate of hemicellulose B_1.*

Preparation of the hydrolyzate. The hemicellulose B_1 (0.2g) was hydrolyzed with 20 ml of 2 N H_2SO_4 in a sealed glass tube by heating in boiling water for 4 hours. The cooled filtrate was neutralized with $BaCO_3$, centrifuged, and the neutralized supernatant was concentrated to syrup below 40°C. The syrup was extracted with 10 ml of 50% ethanol, and the extract was concentrated to 1 ml for the application to paper chromatography.

Solvents. Chromatography was carried out by using phenol : water (PhOH) (4:1, v/v) for the first run, and n-butanol:acetic acid : water (BuOH : AcOH) (4:1:2, v/v) and n-butanol : pyridine : water (BuOH:C_5H_5N) (3:1:1.5, v/v) for the second run. Double development was made with BuOH:AcOH and BuOH:C_5H_5N, while simple development was employed with PhOH.

Color reagents. A. Ammoniacal $AgNO_3$. A mixture of equal volumes of 0.1 N $AgNO_3$ and 5 N NH_4OH were sprayed and the color was developed by heating at 105° for 5–10 minutes.

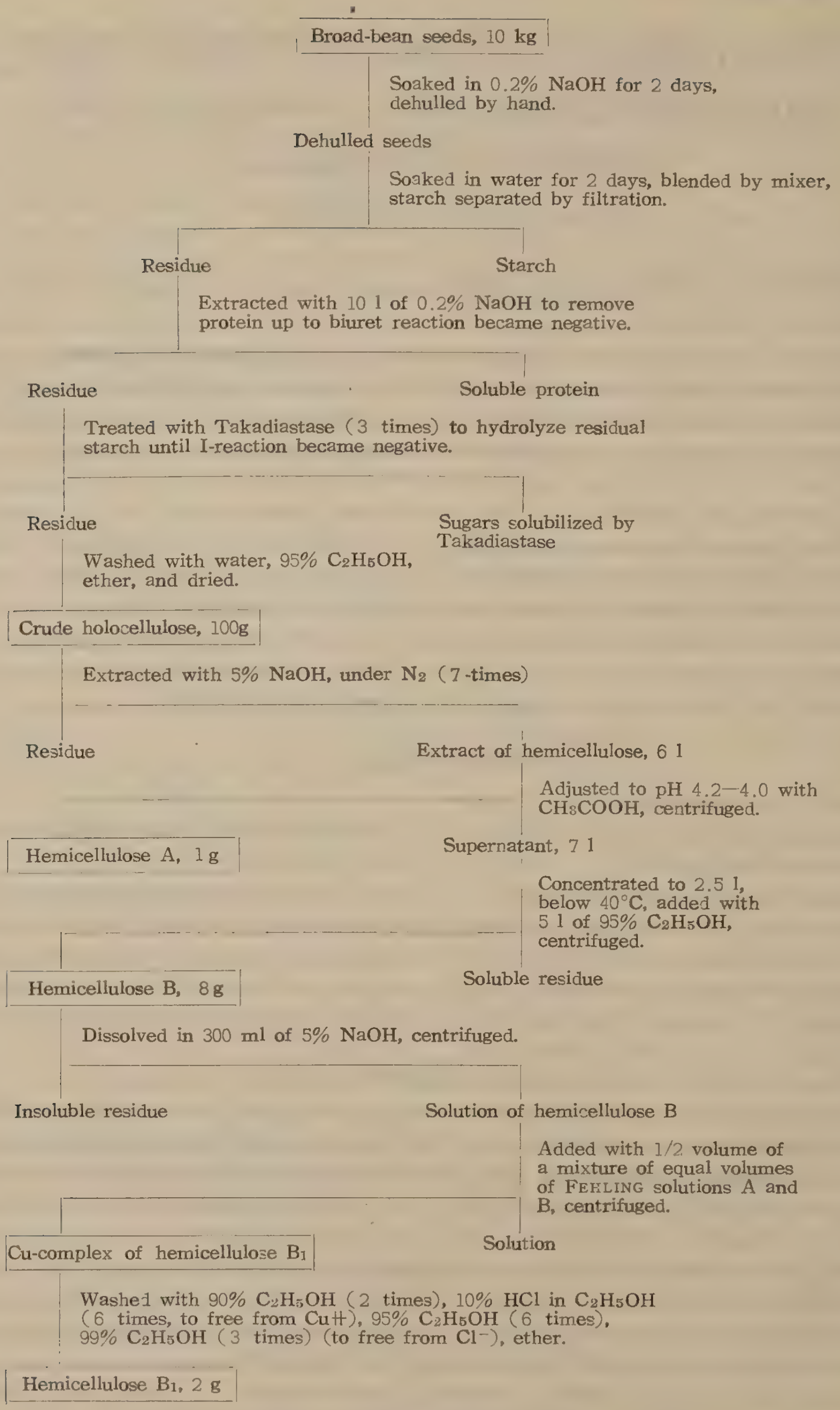


Fig. 1. Procedure of preparing hemicellulose B_1

The developed chromatograms were then washed with 0.1 *N* $Na_2S_2O_3.5H_2O$, followed by washing with water for permanent preservation of the developed chromatograms. The spots on paper chromatograms were somewhat enlarged, but the washed chromatograms were well preserved without any change even after one year of storage.

B. Aniline hydrogen phthalate. The reagent was made by adding 930 mg of aniline (freshly distilled) and 1.6g of phthalic acid to 100 ml of water-saturated *n*-butanol. The dried paper sheets were sprayed with this reagent and heated for 5 minutes at 105°.

Chromatography. The hydrolyzate was applied on Tōyō No. 50 filter paper sheets (20 × 20 cm), and the paper sheets were run with PhOH one time, after development the paper was washed with ether to remove residual phenol on paper, dried, and then run with BuOH:AcOH or BuOH:C_5H_5N by double development for second direction. Washing with ether markedly improved the uniformity of second solvent development.

Results. Typical chromatograms are shown in Figs. 2 and 3. White spots in the chromatograms were those of supplemented standard sugars. Colors of the spots were given with aniline hydrogen phthalate as described in these figures. All the spots gave positive reaction with ammoniacal $AgNO_3$, but no characteristic difference was noted in the colors.

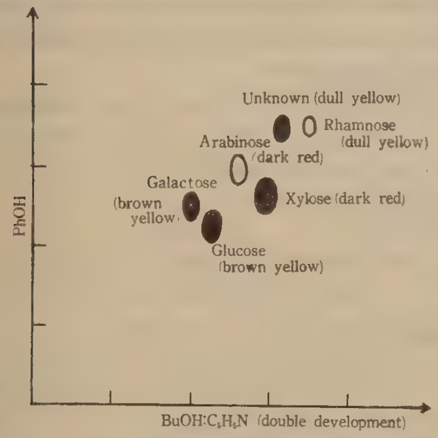


Fig. 2. Two-dimensional paper chromatogram of sugars in the hydrolyzate of a hemicellulose B_1 by PhOH-BuOH:AcOH system.

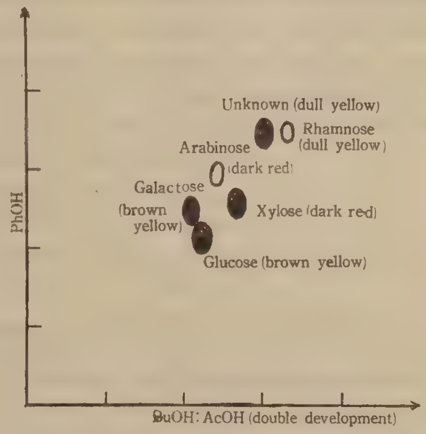


Fig 3. Two-dimensional paper chromatogram of sugars in the hydrolyzate of a hemicellulose B_1 by PhOH-BuOH:C_5H_5N system.

3. *Separation of the unknown sugar in the hydrolyzate of a hemicellulose B_1 by paper chromatography.* A hemicellulose B_1 (1 g) was hydrolyzed as mentioned above, and the hydrolyzate was subjected to paper-chromatographic separation of the unknown sugar.

The hydrolyzate was introduced along a horizontal line 5cm from the botom of Tōyō No. 50 filter paper sheet 40 × 40 cm. The sheet was irrigated with BuOH:AcOH solvent by the triple development technique. Three strips were cut from the dried sheet as a guide strip, and developed with aniline hydrogen phthalate. The area containing the unknown sugar was cut by referring to the three developed strips and extracted by refluxing with 50 ml of water.

The extract of unknown sugar showed negative Bial, phloroglucinol and orcinol reactions, and only one spot having Rf values of 0.55 with BuOH:AcOH, 0.56 with BuOH:C_5H_5N, and 0.59 with PhOH was detected by paper chromatography.

4. *Preparation of osazone.* The unknown sugar solution (20 ml). was concentrated to about 2 ml *in vacuo* below 40°C. The concentrated sugar solution was added with 50 mg phenylhydrazine hydrochloride

and 75 mg sodium acetate, and the mixture was heated on a boiling-water bath for about 1 hour. The resulting yellow crystalline product was filtered, washed with water, dissolved into 0.5 ml of hot ethanol, and recrystallized by adding about 2 ml of cold water. Yellow needles obtained showed m.p. 157—9° (uncorrected). D-Ribose phenylosazone was prepared from standard D-ribose by the similar procedure, which showed m.p. 160—2° (uncorrected). Mixed melting point was 155° (uncorrected) of the two osazones, showing a clear depression of the melting point.

5. *Cysteine-sulfuric acid reaction of the separated unknown sugar.* DISCHE found[3] that hexoses, pentoses, methylpentoses, 2-deoxypentose, and heptoses produce substances with very characteristic absorption spectra in his cysteine-sulfuric acid reaction[4]. These sugars seem to be differentiated from each other due to the fact that the development of the colors, as well as their ensuing destruction, depends upon the types of sugars. Thus the cysteine-sulfuric acid reaction by DISCHE was applied to the separated unknown sugar.

The unknown sugar solution (0.1 ml) was diluted to 1 ml, added with 4 ml of conc. H_2SO_4 while cooling in tap water. The mixture was kept at room temperature for 1 hour with frequent shaking. Then 0.1 ml of 3% cysteine hydrochloride was added and the mixture was shaken. Color intensities were read at 5 minutes-interval in the first 30 minutes after the addition of cysteine solution at room temperature, and then from time to time up to the 24th hour by a photoelectric colorimeter at 430mμ.

The results are shown in Table I, which showed that the greatest color intensity was developed after about 6 hours after the addition of cysteine solution at room temperature.

A ratio of an absorption at 430 mμ to that at 530 mμ was about 5.0 at the begining, and it decreased to as low as 1.1 in 6 hours.

Table I. Change of color intensity of the unknown sugar by the cysteine-sulfuric acid reaction with time.

Time (hr)	0	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	18	24
Optical density at 430 mμ	0.26	0.46	0.60	0.75	0.86	0.88	0.78	0.78

DISCUSSION

The unknown sugar, which was reported as ribose in the preceeding papers[1,2], was separated into a pure solution. The purity of the solution was proved by paper chromatography, showing only one spot of Rf values coinciding with those of unknown sugar in the preceeding reports by the three sets of solvent systems. The color reaction of the spot was dull yellow with aniline hydrogen phthalate. The result suggests that the unknown sugar cannot be ribose, for ribose shows dark red color if it appears on paper chromatograms at all. The color of the spot was very similar to that of methylpentoses. The spot, which was reported as ribose by HONMA & AKETAGAWA[5] detected from fermented soybean paste, showed also dull yellow color. Various color reactions for pentoses were all negative with the separated unknown sugar solution. Therefore, it seems to be very improbable that the unknown sugar can be ribose.

Measurement of melting point of the phenylosazone of unknown sugar could not give any conclusive evidence for the identification of the sugar, but the results also seem to unfavor the former assumption that the unknown sugar is ribose.

The reaction product of pentoses by the cysteine-sulfuric acid reaction shows the greatest absorption after 15—20 minutes after the addition of cysteine solution at room temperature at 390 mμ, and then it begins to decrease slowly. Hexoses develop maximum color intensities more rapidly at 412—4 mμ, and the color is stable at room temperature. Therefore, the present results coincide with those of neither pentoses nor hexoses. While, heptoses produce an orange color with an absorption maximum

around 430 mμ, and the compound is unstable and transformed slowly into a purple compound with an absorption maximum at 510 mμ ; the greatest color intensity is reached after several hours. The color reaction of the unknown sugar seems to show a very similar behavior with heptoses described above. Methylpentoses give the maximum color intensity only after 24 hours, and 2-deoxypentoses give the final reaction product only after 24 hours. Therefore, it seems less probable that the unknown sugar is one of these 2 kinds of sugars by the results of cysteine-sufuric acid reaction.

SUMMARY

(1) A hemicellulose B_1 was prepared from dehullled broad-bean seeds of variety "Nagasaya", and hydrolyzed with sulfuric acid to study the included unknown sugar.

(2) The unknown sugar was separated from the hydrolyzate of a hemicellulose B_1 by paper chromatography with BuOH:AcOH solvent on a large paper sheet (40 × 40 cm), and extracted with water to obtain an unknown sugar solution.

(3) The separated sugar showed negative BIAL, phloroglucinol, and orcinol reactions. The phenylosazone of the unknown sugar melted at 157—9°C. (decomposition).

(4) Cysteine-sulfuric acid reaction suggested that the unknown sugar is most probable to be one of heptoses. Some possibilities seemed to remain that the sugar can be methylpentose or 2-deoxypentose, but the sugar seemed to be neither pentose nor hexose.

ACKNOWLEDGMENT

The author wishes to thank Prof. S. KAWAMURA, Laboratory of Biological Chemistry, in this University, for his kind guidance.

REFERENCES

(1) KAWAMURA, S., NARASAKI, T.: *Bull. Agr. Chem. Soc. Japan*, **20**, 289—290 (1956).

(2) ——, ——, KUSUHARA, R., SATO, T.: *Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ.*, **8**, 201—211 (1957).

(3) DISCHE, Z. : *J. Biol. Chem.*, **204**, 983—997 (1953).

(4) ——: *J. Biol. Chem.*, **181**, 379—392 (1949).

(5) HONMA, N., AKETAGAWA, T.: *J. Fermentation Technol.*, **33**, 490—493 (1955).

ソラマメのヘミセルロースB_1加水分解物からの未知糖の分離（予報）

楢　崎　丁　市

ソラマメヘミセルロースB_1の構成糖類を検索するため，その加水分解物のペーパークロマトグラフイーを試みた所，クロマトグラム上でフコースに接近した新しい斑点を認めた．スポットのアニリン・フタール酸試薬による呈色は淡黄色であるが．そのRf値は標準のリボースと極めてよく一致したので仮にリボースとして報告した[1,2]．このヘミセルロースB_1加水分解物中からペーパークロマトグラフ法により未知糖をクラマトグラフ的に純粋な溶液として分離しその二三の性質を調べた．この糖はBIAL，フロログルシノール，オルシノール等のペントースの特性反応を示さず，DISCHE[4]のシステイン-硫酸反応はヘプトースのそれと傾向がよく似ていた．オサゾンの融点は157〜9°で，リボースのオサゾン（m.p. 160〜2°）と混融すると融点降下を示した．以上の点から，この未知糖がリボースであるとの推定は支持できないもののように思われる．

この研究の経費の一部分は文部省科学研究費（川村信一郎：多糖類成分としてのリボースの研究）により支払われた．この研究を行う機会を与えられ，終始御指導下さつた本学生物化学研究室の川村信一郎教授に深く感謝する．

第7巻 第3号 正 誤 表 (野呂)

頁	行	誤	正
253	下から8	Elaut	Elant
254	下から9	(第7図A)	(第6図)
258	図	A. D	D. A
259	1	(第7図B−D)	(第6図B−D)

第8巻 2号 正 誤 表 (内藤，谷)

頁	行	誤	正
158	下から6	concave	convex
〃	下から5	convex	concave
164	上から10	date	data
165	下から3	MUNEKATA	MUNAKATA

第9巻 第1号 正 誤 表 (内藤，小島)

頁	行	誤	正
21	下から8	抗 性	抗菌性

昭和32年10月25日印刷
昭和32年10月31日発行

香川県木田郡三木町
香 川 大 学 農 学 部

高松市南亀井町45
印刷者　牟 禮 政 次 郎

高松市南亀井町45
印刷所　株式会社 牟禮印刷所

Volume 9, No. 2 (Serial No. 25) October, 1957

TECHNICAL BULLETIN OF FACULTY OF AGRICULTURE, KAGAWA UNIVERSITY

(Formerly Technical Bulletin of Kagawa Agricultural College)

CONTENTS

NAKA, Junzaburo, TAMAKI, Kiyoshi: Studies on the physiological nature of sweet potato plants. VII. On the relations between the variations of carbohydrates in the shoots and roots during the growing period. 47

VIII. On the relations between the variations of nitrogen compounds in the shoots and roots during the growing period. 54

KOSUGI, Kiyoshi, SUMITOMO, Akitoshi, KATAGIRI, Takenori: Studies on the propagation of gladioli for export. I. On the effects of daylength upon the corm and cormel formations in gladioli. 59

NAITO, Nakato, TANI, Toshikazu, KISHI, Tsunenobu: Antifungal substance production by *Gloeosporium kaki* and *Schizophyllum commune* which were grown on media containing 2,4-D. 66

MAEKAWA, Tadao : Studies on the phase of irrigational reservoirs. On the manurial value of the sedimentation (pond mud). 73

KIRA, Hachiro : Studies on the sedimentation in irrigational reservoirs. VI. On the density current in reservoirs. (2) 79

TAMAKI, Takahiko, HOSHIKAWA, Genji : Studies on pond mud. V. Composition of fine soil particles. 94

KAWAMURA, Sin'itirô, TADA, Minoru: Studoj pri la ameloj de legumenoj. Ⅲ. Apartigado kaj determinado de amelozo kaj amelopektino. 1. Enkonduko kaj antauaj eksperimentoj per jodreakcio. 99

NARASAKI, Teiiti : Separation of an unknown sugar from the hydrolyzate of a hemicellulose of broad-bean seeds. A preliminary report. (in English) 105

FACULTY OF AGRICULTURE,
KAGAWA UNIVERSITY

Mikityô Kagawa-ken, Japan